# Untersuchungen

über den

# Wert der Roggenkörner verschiedener Größe für den Mehl- und Backprozeß.

---

## Inaugural-Dissertation

zur

**Erlangung der philosophischen Doktorwürde**

der

**Hohen philosophischen Fakultät der vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg**

vorgelegt von

Otto Baštecký

aus Nimburg in Böhmen.

ACAD. LUDOVIC. BIBL.

---

Halle a. S.

1904.

Meinem hochgeehrten Lehrer

Herrn Wirklichen Geheimen Rat

**Prof. Dr. Julius Kühn, Exzellenz**

Direktor des landwirtschaftl. Institutes der Universität Halle a. S.

in tiefster Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0174

Bei der Wahl eines Themas für meine Promotionsarbeit empfahl mir Exzellenz Prof. Dr. Julius Kühn den Wert der verschiedenen Größen von Roggenkörnern einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen und dabei insbesondere die Ausnützungsfähigkeit der geringeren Roggensorten durch den Mahlprozeß zu berücksichtigen, auf deren Bedeutung von ihm selbst schon in einem dem Deutschen Landwirtschaftsrat erstatteten Gutachten[1]) hingewiesen worden war, in welchem er sich gegen die häufig ausgeführte Verfütterung der besseren wie der geringeren Roggenkörner ausgesprochen hatte.

Ein solches Verfahren kommt auch in Böhmen nicht selten vor und gerade häufig in solchen Gegenden, wo die Viehhaltung auf keiner besonders hohen Stufe steht, so daß die Verwertung des Roggens durch Verfütterung sich sehr ungünstig gestalten muß. Je weniger aber Roggen verfüttert wird, um so vorteilhafter ist es für den menschlichen Konsum.

Deshalb hat man gerade während der letzten Zeit auf den Punkt der Roggenfütterung von verschiedenen Seiten aufmerksam gemacht, als die neue Zolltarifvorlage in Deutschland die öffentliche Meinung so stark beunruhigte. Denn als man der deutschen Landwirtschaft durch diese Zolltarifvorlage die Konkurrenz mit dem russischen Roggen oder dem amerikanischen Weizen erleichtern wollte, mußte man vorher darüber klar sein, ob dieselbe auch den inländischen Brotgetreidemarkt vollständig zu versorgen imstande sei.

Von der den Schutzzöllen feindlich gegenüberstehenden Seite behauptete man jedoch, daß die deutsche Landwirtschaft unter keinen Umständen den inländischen Brotgetreidebedarf durch eigene Produktion zu decken vermöchte. Auf den ersten Blick wäre dies tatsächlich der wirksamste Einwand, aber wenn man diese Behauptung näher betrachtet, so muß man zu dem Schlusse kommen, den auch ein hervorragender Agrikulturchemiker ausgesprochen hat, daß Deutschland sehr wohl imstande sein wird, mehr als ausreichende Mengen des Brotgetreides zu produzieren, wenn man, erstens, nur die besten und ertragreichsten Getreidesorten anbauen, und zweitens, wenn man nicht nur den besseren, sondern auch den geringeren Roggen, den man bis jetzt noch meistens verfüttert hat, auch zur menschlichen Nahrung verwenden würde, d. h. ihn mit dem besseren vermahlen ließe.

---

[1]) Archiv des Deutschen Landwirtschaftsrats XXIV. Jahrgang, Berlin 1900, S. 550 u. f.
Jul. Kühn, Zweckmäßige Ernährung des Rindviehes, Dresden 11. Aufl. 1897. p. 32.

Gegen diese Behauptung aber liegt der Einwurf nahe: Wie könnte man den geringen, kleinkörnigen Roggen zu Mehl, also zur menschlichen Nahrung verwerten, der doch weniger Mehl, und auch dieses nur in schlechter Qualität, gibt; dabei könnte von einer besseren Ausnutzung des Materials als durch Verfüttern kaum die Rede sein!

Daß diese Ansicht noch in der neueren Zeit nicht so selten ist, beweist die Literatur; so betrachtet z. B. Fischer[1]) diese Nutzungsweise als selbstverständlich: „— da dieses geringe Korn in der Hauptsache nur als Futter abgegeben werden kann. —“ [2])

Den Beweis zu liefern, wie unbegründet eine solche Meinung ist, und daß die Roggenfütterung unwirtschaftlich sein muß, soll die Aufgabe der vorstehenden Arbeit sein.

Da wir die Roggenfütterung berühren und besprechen müssen, ist es angebracht, einige Urteile über dieselbe von seiten praktischer Landwirte, wie auch von Theoretikern zu hören.

Nach Gräfe[3]) ist der Roggen für Pferde als teilweiser Ersatz für Hafer geeignet. Ein Drittel der Haferzugabe kann man nach seiner Ansicht durch Roggen ersetzen; weiter empfiehlt er denselben für Rinder als Kraftfuttermittel, für Jungvieh sei derselbe überhaupt nicht geeignet, weil er zu schwer verdaulich ist.

Im Allgemeinen ist nach Stutzer[4]) die Verfütterung von Roggen ein unvorteilhaftes Verfahren, „weil die in dem selbsterzeugten Roggen enthaltenen Nährstoffe teurer sind, als solche in Kraftfuttermitteln gekauft werden können.“ Ist jedoch in nassen Jahren das Getreide schlecht eingekommen oder ausgewachsen, so empfiehlt sich nach ihm die Roggenfütterung, nachdem die Körner gedämpft oder gekocht wurden.

Märcker[5]) gibt an: „Der Roggen ist bei der Fütterung nicht ganz ungefährlich, namentlich wenn es sich um Körner handelt, die nicht besonders gut eingekommen sind. Es entstehen dann leicht bei Roggenfütterung Kolik, Durchfall, ja schwere Erkrankungen der Tiere.“

Heinrich[6]) bemerkt: „Hinterkorn von Roggen verwendet man im geschrotenen oder zerquetschtem Zustande als Kraftfutter für Milchkühe, bei welchen es die Milch begünstigt, ohne dieselbe fett zu machen. Sonst kann der Roggen an alle anderen Tiere gefüttert werden, wenn er „keine höhere Verwertung finden kann.“

Aber diese Möglichkeit liegt vor, diese höhere Verwertung kann tatsächlich jeder Roggen finden, und wie dies geschehen sollte, darüber äußert sich Jul. Kühn[7])

---

[1]) p. 267. — Fühlings landw. Zeitg. 1895.

[2]) Mittlerweile hat aber diese seine Ansicht hierüber eine durchgreifende Veränderung erhalten, wie aus einer seiner letzten Abhandlungen hervorgeht. (Siehe Fühlings landwirtsch. Zeitung 1902, p. 95).

[3]) Winterfütterung p. 47. Leipzig 1898.

[4]) Leitfaden der Fütterungslehre p. 87.

[5]) Märcker, Vorträge über Fütterungslehre prakt. Teil. 1901. p. 72.

[6]) Heinrich, Futter und Füttern p. 63.

[7]) Jul. Kühn, die Getreidezölle in ihrer Bedeutung für den kleinen und mittleren Grundbesitz, Halle 1885. p. 9.

folgendermaßen: „Insbesondere ist noch zu erwähnen, daß bei demselben (kleinen und mittleren Besitz) nicht selten ein erheblicherer Teil der Körner des Halmgetreides für das Vieh verwandt wird, als wirtschaftlich rätlich ist. Anstatt bei dem meist zu weitem Nährstoffverhältnis der Futterrationen, namentlich des Milchviehes, durch Beifütterung der stickstoffreichen Rückstände der technischen Verarbeitung von Getreide und Ölfrüchten, also durch Verwertung der Kleien und Preßkuchen, die Ausnutzung des Futters und Steigerung der Produktion zu fördern, verfüttert man oft große Mengen von Getreideschrot zum Nachteil der Futterausnutzung und zur Schädigung der Rente. Dadurch wird aber dem Markte ein beträchtlicher Teil des Getreides entzogen, der zweckmäßiger zum Vorteil des Einzelnen wie des Allgemeinen der menschlichen Konsumtion dienstbar gemacht würde."

Nun wird es gut sein, eine kurze geschichtliche Betrachtung, der auf diesem Gebiete bis jetzt gemachten Untersuchungen auszuführen.

Die einzige Arbeit, die den Zweck hatte, den Wert von großen und kleinen Getreidekörnern mit Hilfe von chemischen und physikalischen Untersuchungen zu bestimmen, ist diejenige von A. Müller[1]). Dieser meint: „Obwohl es unzweifelhaft, daß der Nahrungswert der Körner mit dem Scheffelgewicht steigt, und obwohl für die Beurteilung des Backgetreides wenigstens die Erfahrung einigen Anhalt geboten hat, so fehlt es zur Zeit gänzlich an wissenschaftlicher Grundlage, durch welche jeder Zweifel beseitigt würde." Er dehnte seine Untersuchung außer auf den Roggen auch auf den Weizen und Hafer aus; alle diese Getreidearten trennte er durch Wurfen und eine Sortiermaschine in möglichst leichte und möglichst schwere Körner. Die Resultate seiner Analysen beim Roggen und beim Hafer waren folgende:

Resultate von Müller.

| | Roggen | | Hafer | |
|---|---|---|---|---|
| | schwer | leicht | schwer | leicht |
| Hektolitergewicht . . . . . | 72,50 kg | 58,57 kg | 59,12 kg | 43,11 kg |
| Körnerzahl in Hektolitern . . . . | 2813000 | 4529800 | 1939136 | 1544650 |
| Einzelgewicht des Kornes . . . . | 0,0258 g | 0,0129 g | 0,0305 g | 0,0279 g |
| Spezifisches Gewicht . . . . . | 1,387 | 1,383 | 1,390 | 1,390 |
| Wassergehalt . . . . . | 18,34 | 16,46 | 14,70 | 14,64 |
| Rohfaser . . . . . | 3,52 | 4,64 | 8,46 | 10,74 |
| Asche . . . . . | 1,40 | 1,80 | 2,74 | 2,68 |
| Protein . . . . . | 9,08 | 10,06 | 9,00 | 8,52 |
| Fett . . . . . | 2,33 | 2,81 | 6,56 | 6,18 |
| Zucker . . . . . | 0,36 | 0,62 | 4,80 | 5,06 |
| Amylum . . . . . | 64,97 | 63,61 | 53,74 | 52,18 |

[1]) A. Müller, Untersuchungen über chem. Zusammensetzung der Getreidearten bei verschiedenem Scheffelgewicht, Journal für Landw. 1855 p. 190 und 1856 p. 25.

Das Scheffelgewicht der leichten (kleinen) Körner ist zu denjenigen der schweren Körner mindestens in einem Verhältnis wie 4 : 5. Die Körnerzahl fällt beim steigenden Scheffelgewicht. Das spezifische Gewicht beider Sorten ist fast gleich. —

Die prozentische Zusammensetzung ist auch fast gleich. Eine erhebliche Differenz in der chemischen Zusammensetzung zeigt sich inbezug auf die Rohfaser; leichter Roggen enthält um ein Drittel mehr davon und der Amylumgehalt (= den stickstofffreien Extrakt-Stoffen, durch Differenz berechnet) ist bei demselben kleiner.

Protein enthält der leichte Roggen fast 1,0 % mehr, so werden doch die vorliegenden Zahlen noch weit mehr Verwunderung erregen," meint er, „da man die leichteren Getreidesorten für weniger nahrhaft und proteinärmer zu halten gewöhnt ist. — Der Nahrungswert des Roggens von verschiedenem Scheffelgewicht, aber gleicher Varietät ist demnach dem Gewicht der Ware ziemlich genau proportional, für die Mehlbereitung wird der leichte Roggen einen geringen Abzug erleiden müssen, da von ihm mehr Kleie und Schwarzmehl fällt."

Sonst sind die Angabenüber Untersuchung verschiedener Qualitäten derselben Roggenvarietät in der Literatur spärlich zerstreut; noch eher findet man solche von Weizen als von Roggen.

Wunder[1]) untersuchte die Beziehungen zwischen dem Volumgewicht und dem absoluten Gewicht des Kornes; dasselbe soll danach mit dem Hektolitergewicht steigen. Beim Winterroggen war: Gewicht eines Kornes 32,4 und 17,5 mg bei einem Hektolitergewicht von 79,6 und 71,9 Kg. — Chemische Untersuchung eines Roggens ergab nach König:[2])

Resultate von Wunder.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Wassergehalt . . . . . | 17,49 | 17,94 | 17,55 | 16,95 |
| N-Substanz . . . . . | 10,00 | 9,53 | 9,67 | 8,96 |
| Fett- und N-freie Extrakt-Stoffe . . | 66,14 | 67,10 | 68,72 | 70,67 |
| Rohfaser . . . . . | 7,22 | 3,41 | 2,57 | 2,04 |
| Asche . . . . . | 2,15 | 2,02 | 1,49 | 1,38 |
| | leichte | schwere | leichte | schwere |
| | Körner. | | | |

Bibra[3]) berichtet von Millon, daß er der erste war, der das Steigen des Gehaltes an Cellulose mit der Kleinheit der Körner fand.

---

[1]) Amtsblatt der landw. Vereine 1857 p. 33.

[2]) Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel 1903 p. 465.

[3]) Die Getreidearten und das Brot. Nürn. 1870 p. 233.

Nach demselben stieß Reiset[1]) auf erhebliche Differenzen im Stoffgehalt verschieden großer Weizenkörner.

Resultate von Reiset beim Weizen.

| Korngröße | Wasser | Stickstoff | Kleber | Asche |
|---|---|---|---|---|
| klein . . . . . | 17,90 | 2,48 | 15,50 | 2,25 |
| groß . . . . . | 19,10 | 2,33 | 14,56 | 2,21 |
| klein . . . . . | 16,8 | 2,44 | 15,25 | 2,18 |
| groß . . . . . | 17,58 | 2,08 | 13,00 | 1,97 |
| klein . . . . . | 18,34 | 2,59 | 15,62 | 2,11 |
| groß . . . . . | 18,70 | 2,35 | 14,62 | 2,08 |

Eine entgegengesetzte Ansicht äußert Bibra[2]) selbst: „Hinsichtlich des größeren oder kleineren Stickstoffgehaltes inbezug auf große und kleine Weizenkörner, ebenso auf das spezifische und absolute Gewicht, läßt sich kein bestimmtes Urteil fällen. Ich habe kaum einen Roggen getroffen, bei welchem sich ein so beträchtlicher Unterschied in der Größe der Körner ein und derselben Sorte ergeben hätte, wie beim Weizen (wahrscheinlich wegen der ganz anderen Befruchtungsweise des Roggens). Soviel wie es möglich ist, aber dennoch auszulegen, ergaben mir die kleineren Körner keine auffallenden Unterschiede im Stickstoffgehalt, wie dies beim Weizen der Fall ist."

Mittenzwey[3]) untersuchte 2 Sorten von Weizenkörnern, deren absolutes Gewicht

0,0320 g bei 2,54% Holzfaser und 64,38% Amylum
0,0132 „ „ 6,044% „ „ 58,84% „

war.

Nun wären allerdings noch zu erwähnen: Erstens die Abhandlung über den Saatroggen von Graf Waldersdorff[4]) welcher seine Ansicht über die Beziehungen des Hektolitergewichts zu der Korngröße enthält; und zweitens diejenige von Schertler[5]) hinsichtlich des spez. Gewichts der Körner. Da waren die spezifischen Gewichte beim Probsteier Roggen:

1,3154 — 1,3224 — 1,3105 beim

Volumen der Körner in cm 0,0415 — 0,0295 — 0,0209.

Größere vergleichende Untersuchungen zwischen den großen und kleinen Körnern machte ferner Marek[6]), jedoch nicht beim Roggen, sondern bei Pferdebohnen, Erbsen, Sommerweizen,

[1]) Die Getreidearten und das Brot. Nürn. 1870 p. 227.

[2]) Daselbst p. 296.

[3]) Aus Grouven, Vorträge über Agric. Chemie 1872. B. I. p 386.

[4]) Welches ist das edelste Saatgetreide, W. landw. Zeitg. 1871 p. 197. Mehr darüber siehe weiter unten.

[5]) Die Anwendung des spezifischen Gewichts als Mittel zur Wertbestimmung etc. Wien, Pest, Leipzig 1873, p. 55.

[6]) Saatgut, Wien 1875 p. 186.

Lein und Sommerrübsen, also vorwiegend bei Nichtgetreidearten. Von seinen Resultaten entnehme ich aber diejenigen vom Sommerweizen. In stofflicher Beziehung[1]) sind nach ihm gerade die kleinen Körner mit jenen Bestandteilen ungünstiger gestellt, welche ihren Wert ausmachen. Relativ genommen erscheinen die kleinen Samenkörner von einem größeren Gehalt von Stickstoff, Cellulose und Asche, die großen dagegen von höherem Gehalt an Stärke, Zucker, Fett, Wasser etc. Absolut betrachtet sollen jedoch die großen Samen die kleinen derselben Varietät in allen Bestandteilen übertreffen.

Resultate von Marek.

| Spezifisches Gewicht | Groß- körniger Sommerweizen | Klein- körniger Sommerweizen |
|---|---|---|
| Spezifisches Gewicht | 1,414 | 1,388 |
| In der Trockensubstanz: Eiweißstoffe | 14,36 | 15,46 |
| In der Trockensubstanz: Fett | 2,58 | 2,49 |
| In der Trockensubstanz: Rohfaser | 4,80 | 7,32 |
| In der Trockensubstanz: Asche | 2,13 | 2,32 |
| In der Trockensubstanz: N-freie Extrakt-Stoffe | 76,13 | 72,41 |

Ein anderer, der auch den Roggen berücksichtigte, ist Wollny[2]): „Bei Vergleichung des Gehaltes an wertbildenden Substanzen der verschieden großen Samen derselben Varietät treten gewisse Gesetzmäßigkeiten in die Erscheinung, welche in mannigfacher Beziehung von Belang sind." Aus seinen Analysen der verschiedenen Cerealien- und Leguminosenkörner entnehme ich blos diejenigen des bayerischen Roggens und des bayrischen Hafers:

Resultat von Wollny.

| | Roggen | | | Hafer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | IV | V | I | II | III |
| Ein Korn wiegt | 0,0293 | 0,0176 | 0,0121 | 0,0349 | 0,0282 | 0,0193 |
| Vol. Gew. 1. Liters | 774,34 | 765,27 | 719,57 | 490,34 | 516,25 | 524,89 |
| Spez. Gewicht | 1,3869 | 1,3938 | 1,3913 | 1,3364 | 1,3386 | 1,3298 |
| Protein | 16,94 | 18,72 | 15,91 | 15,50 | 15,75 | 13,66 |
| Stickstofffr. Extr.-Stoffe | 68,62 | 65,22 | 68,15 | 59,19 | 54,22 | 54,14 |
| Fett | | | | 5,22 | 5,35 | 5,78 |
| Rohfaser | 2,06 | 3,38 | 3,56 | 11,48 | 12,90 | 14,48 |
| Asche | 1,95 | 2,03 | 2,26 | 2,49 | 2,44 | 2,53 |

[1]) Saatgut, Wien 1875, p 24.

[2]) Journal für Landw. 1877 p. 133 und 134.

Daraus folgert er: „Im Allgemeinen zeigt also die chemische Untersuchung, daß bei ein und derselben Varietät die großen Körner reicher an Stickstofffreien Extrakt-Stoffen und Fett sind, die kleinen Körner an Cellulose und Eiweißsubstanzen." Und er will nur aus dem gesetzmäßigen Zusammenhange dieser chemischen und physikalischen Eigenschaften unter dem Volumgewichte, dem spez. Gewichte und dem absoluten Gewichte ein Mittel finden, das zur sicheren Beurteilung der verschiedenen Samensorten dienen soll. Auf seine Resultate werde ich später zurückkommen.

Der Vollständigkeit halber könnte ich noch auf die Untersuchung der leichten und schweren Körner und ihrer Asche bei Kentisch Invicto Erbse und Lima-ackerbohne von Collier[1]) aufmerksam-machen.

Peter Collier.

| | Wasser | Fett | Zucker | Stärke | Dextrin Gummi | Eiweiß | Rohfaser |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erbsen, schwere . . . . | 7,63 | 1,43 | 4,54 | 45,58 | 8,72 | 25,46 | 2,10 |
| „ leichte . . . . | 7,23 | 1,11 | 3,54 | 43,72 | 9,82 | 26,34 | 2,40 |
| Bohnen, schwere . . . | 9,01 | 1,60 | 3,74 | 47,35 | 9,50 | 21,88 | 2,95 |
| „ leichte . . . . | 9,61 | 1,50 | 3,56 | 48,95 | 9,30 | 20,48 | 2,79 |

Asche derselben Körner (P. Collier).

| | K O | Ca O | Mg O | $P O_5$ | $Si O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Erbsen, schwere . . . | 51,82 | 1,78 | 4,69 | 36,40 | 0,79 |
| „ leichte . . . . | 47,75 | 3,21 | 8,46 | 34,26 | 0,83 |
| Bohnen, schwere . . . | 63,08 | 2,15 | 9,62 | 21,77 | 1,04 |
| „ leichte . . . | 64,53 | 0,70 | 10,05 | 23,20 | 0,23 |

Weiter gibt noch Fischer[2]) eine Analyse des Stickstoffgehaltes des schlechteren und besseren russischen Roggens an:

In der Trockensubstanz { besser 2,188 % / schlechter 2,498 % } der Substanz { 1,946 % Stickstoffgehaltes / 2,221 % „ }

Endlich ist eine Roggenuntersuchung mit Berücksichtigung des Korngewichts von Nothwang[3]) zu erwähnen. Merkwürdigerweise verhalten sich in diesem Falle die leichten Körner im Stickstoffgehalt und den Stickstofffreien Extr. St. gerade umgekehrt wie sonst.

---

[1]) Nach Wolfs Aschenanalysen II. Absch., aus Harz, L. Samenkunde 1885 p. 496.

[2]) Fühl. I. Zeitg. 1895 p. 298.

[3]) König, Chemie der Nahrungsmittel, Bd. 1903 p. 479.

Leipziger Roggen von Rothwang.

| Sorte | Korngewicht | Wasser | Stickstoff Substanz | Äther-Extrakt | Stickstofffr. Extr.-St. | Rohfaser | Asche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 20—30 mg | 10,43 | 14,37 | 1,67 | 79,43 | 2,27 | 2,24 |
| 4. | 50 mg u. mehr | 10,58 | 18,66 | 1,54 | 75,82 | 1,74 | 2,23 |

Man kann die Resultate aller dieser Untersuchungen mit Harz[1]) folgendermaßen zusammenfassen: „Die großen und kleinen Körner der Gramineen zeigen hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung einige Abweichungen von einander. Prozentisch enthalten die kleinen mehr Cellulose, Asche und Eiweißkörper als die großen. Absolut genommen enthält naturgemäß fast regelmäßig der große Same mehr Reservestoffe als ein kleinerer derselben Varietät oder Rasse." Man findet bei Harz[2]) auch die Ansicht, daß die kleinen Körner doch sehr häufig, wenn auch nicht immer, als Nahrungsmittel die großen Körner übertreffen.

Unter allen diesen hier angeführten Untersuchungen ist es die einzige von Müller, welche sich speziell in einem Teil mit Roggen beschäftigt; alle anderen untersuchen nur nebenbei denselben. Ferner ist es die einzige Arbeit, die den Zweck verfolgt, das richtige Verhältnis zwischen den großen und kleinen Körnern inbezug auf den Gebrauchswert zu finden. Alle übrigen dieser Arbeiten verfolgen andere Zwecke, z. B. suchen einige Mittel zur Wertschätzung des Getreides und der Hülsenfrüchte (Wollny und Schertler), andere suchen das geeignetste Saatgut (Marek etc.). In diesem Sinne genommen ist meine Arbeit eine Vervollständigung derjenigen von Müller.

Zu einer einwandfreien Beurteilung genügen nun nicht die einfachen Mittel, die Müller gebraucht; man muß den stofflichen Inhalt des Kornes nicht nur so prüfen, wie er sich aus den gewöhnlichsten Futtermittelanalysen ergibt, sondern man muß auch noch weitere Gesichtspunkte beachten, wobei in erster Linie eine Trennung der stickstoffhaltigen und eine solche der stickstofffreien Verbindungen in Betracht kommt. Wenn wir aber den richtigen Wert des Roggenkornes „als menschliche Nahrung" prüfen wollen, genügt auch dies selbst nicht. Man darf nicht vergessen, daß nicht das ganze Korn, sondern nur ein Teil desselben, das Mehl, genossen wird, d. h. wir müssen, nach dem Beispiel von Ritthausen und Pott[3]), das Mehl untersuchen, das aus dem zu prüfenden Roggen hergestellt wird. Ferner müssen wir seine Eigenschaften inbezug auf die Herstellung des Brotes, und schließlich die des Brotes selbst festzustellen suchen. Andererseits dürfen wir nicht das andere Produkt des Vermahlens, die Kleie, unberücksichtigt lassen.

Hierin ist der Hauptgesichtspunkt enthalten, durch den ich mich bei meiner Arbeit leiten ließ, und danach zerfallen alle diese Versuche in folgende Abteilungen:

[1]) König, Chemie der Nahrungsmittel, Bd. 1903 p. 1141.

[2]) p. 223.

[3]) Die bei Anbauversuchen mit Sommerweizen nicht nur die Körner, sondern auch das Mehl und dessen Klebergehalt untersuchten. (L. V. St. Bd. XVI. p. 384.)

1. physikalische und chemische Untersuchung des Kornes selbst,
2. Untersuchung der Mahlergiebigkeit und der Mahlprodukte.
3. Beurteilung der Backfähigkeit des Mehles:
   a) durch Kleberanalyse,
   b) „ Backversuche im großen und im kleinen,
4. physikalische und chemische Untersuchung des Brotes.

Auf Grund aller dieser Untersuchungen gedenke ich nachweisen zu können, ein wie unwirtschaftliches und den Interessen der gesamten Volkswirtschaft schädliches Verfahren das Verfüttern des Roggens ist.

## I. Kapitel.

## Physikalische Untersuchungen des Roggenkornes.

Im ganzen untersuchte ich drei verschiedene Roggenarten; von jeder ließ ich zwei Sorten oder Qualitäten herstellen, deren Unterschied in der Korngröße ein sehr deutlicher war. Das Sortieren geschah zum Teil mit einem Handsiebe, zum Teil mit der Windfege. Ich will noch anführen, daß das ganze zu untersuchende Material von Unkraut und den übrigen Beimischungen mit der möglichsten Genauigkeit frei gemacht wurde. Die untersuchten Roggenarten waren folgende:

**a.** Zeeländer Roggen, eine Originalsaat von Heine, nur ein Jahr in Drahelic in Böhmen angebaut; er hatte ein sehr schönes Aussehen, gleichmäßige Korngröße, eine gleichmäßige grüne Farbe und war der vollkörnigste von allen. Der Boden, aus welchem dieser Roggen stammt, war milder, sandiger Lehmboden.

**b.** Bestehorn's Roggen, reine Nachzucht der Originalsaat von Bestehorn, einige Jahre in Stépanovic bei Klattau (Böhmen) auf mittlerem Lehmboden nachgebaut. Korngröße nicht mehr so gleichmäßig, auch nicht so stark im Korn und die Farbe etwas dunkler; die schlechtere Qualität von diesem Roggen war der richtige Kornausputz.

**c.** Zuletzt ein Roggen unbekannter Herkunft aus der Provinz Sachsen, vom Halleschen genossenschaftlichen Kornhause gekauft. Es war nicht möglich, seine nähere Herkunft festzustellen. Dieser Roggen war dem ersten sehr ähnlich in der Farbe, vollkörnig, vom Zeeländer Roggen nach der Korngröße nicht gut unterscheidbar.

Noch auf einen Punkt muß ich aufmerksam machen. Besonders habe ich darauf geachtet, daß die beiden Sorten derselben Varietät tatsächlich auch von einem einzigen Roggen abstammen. Wenn ich nur einen unbekannten Marktroggen genommen hätte, hätte es vielleicht vorkommen können, daß dieser eine Mischung von zwei oder mehreren verschiedenen Roggenvarietäten wäre, von denen eine etwas vollkörniger als die anderen sein könnte, und beim

Sortieren hätte ich dann vielleicht zwei verschiedene Roggensorten anstatt zweier Qualitäten derselben Sorte bekommen können. Besonders beim Einkauf des Roggens c, den ich der Kürze wegen nur Kornhausroggen nennen will, wurde auf diesen Umstand geachtet. Denn von ihm sollte ein Teil zum Vermahlen gelangen; es mußte daher von ihm ein größeres Quantum gekauft werden (6 Ctr.); aber dieser Roggen ist kein gemischter, sondern entstammt einem einzigen größeren Gutsposten. —

An allen diesen 6 Roggensorten wurden zuerst einige physikalische Untersuchungen vorgenommen.

1. Messung der Korngröße und zwar:

a) der Länge und

b) der größten Dicke des Kornes, mit Hilfe eines Mikrometers, das Unterschiede bis zu 0,1 mm angab; die Durchschnittszahlen wurden als Mittel von mindestens 10 Messungen bei jeder Sorte berechnet.

2. Bestimmung des absoluten Korngewichts, d. h. des durchschnittlichen Gewichts eines Kornes; diese Zahlen wurden aus dem Gewicht von 50 bezw. 100 Körner als Mittel von 2—3 Wägungen berechnet.

3. Aus diesen Resultaten wurde die Anzahl der Körner in 1 Gramm berechnet.

4. Bestimmung des Hektolitergewichtes.

5. Berechnung der Anzahl der Körner in einem Liter.

6. Bestimmung des spez. Gewichts und der Dichte der Körner mit Hilfe eines Pyknometers in destilliertem Wasser, mit und ohne Anwendung vom Vakuum.

Über den Wert aller dieser Bestimmungen findet man in der Literatur die verschiedensten Angaben. — Den besten Aufschluß über die Form meiner Körner müssen uns die Kornmessungen geben, nämlich das Verhältnis der Länge zum Durchmesser. Denn je dicker, voller die Körner sind, je mehr sie sich der Form der Kugel nähern, desto kleiner ist ihre Oberfläche im Verhältnis zum Inhalt, d. h. desto größer ist relativ das Endosperm solcher Körner, desto kleiner der Schalenmantel; dies alles kommt in der Form des Getreidekorns zum Ausdruck.[1]) Die Korngröße, die im absoluten Gewichte der Körner, und ihre Form, die in den Messungen derselben zum Ausdruck kommt, sind nach Wollny[2]) das alleinige Merkmal, das man bei der Schätzung des Gebrauchswertes beim Getreide hat, „es ist als das sicherste Kennzeichen für die Brauchbarkeit zur Herstellung der verschiedenen Fabrikate der landwirtschaftlichen Nebengewerbe zu betrachten." Daraus müßte man folgern, daß je größer die Körner, sie auch desto besser sind, was aber nicht immer zutrifft. Wie wir aus den Zahlen von Schertler (siehe oben) entnehmen können, ist die Dichte die größte bei den mittelgroßen Körnern, dagegen besitzen die größten, sowie die kleinen ein geringeres spezifisches Gewicht. Dies führt Pabst[3]) dazu, daß er eine besondere Größe des Samens als nicht

[1]) Schertler b c. p. 33.

[2]) Journ. f. Landw., 1877 p. 136.

[3]) Lehrbuch d. Landw., Wien 1860 I. Bd. p. 236.

wünschenswert, ja sogar unter Umständen nachteilig bezeichnet. Hier versagt aber auch die Annahme von Wollny, nämlich daß das absolute Gewicht das alleinige Merkmal der Güte des Kornes wäre.[1])

Das Volumgewicht, d. h. das Gewicht eines bestimmten Raummaßes (hier eines Hektoliters), ist seit längerer Zeit zur Beurteilung der Körnerfrüchte auf dem Markte benutzt worden. Müller[2]) fand, daß das Volumgewicht mit der Größe des Kornes steigt und fällt, was auch Wunder bestätigt.*) Dagegen ist Waldersdorff der Meinung, daß das größte Hektolitergewicht von der Mischung der kleinen und großen Körner herrührt. Und nach Marek[3]) wäre das Volumengewichtsmaß im Allgemeinen nicht verwertbar für die Erkennung der besseren Qualität. Zu einem ähnlichen Resultat kommt Wollny, und zwar, daß dasselbe für die Wertschätzung der Qualität der Samenkörner nicht anwendbar ist, trotzdem das Hektolitergewicht bei den Getreidearten, mit Ausnahme des Hafers, mit der Größe der Körner regelmäßig zunahm.[4])

Da aber das Hektolitergewicht noch heute als Anhalt bei der Festsetzung des Marktpreises benutzt wird, habe ich auch diese Bestimmung ausgeführt. Weil nun eine gleiche Füllungsart bei diesem Verfahren von entscheidender Wichtigkeit ist[5]), geschah dies in der jetzt allgemein üblichen Weise mit dem Getreideprober[6]), mit welchem diese Arbeit sehr leicht und genau ausführbar ist. Aber es wurde nur ein $^1/_4$ des Liters gewogen; eben darin liegt gewiß eine bestimmte Fehlerquelle der Bestimmung; denn bei der Umrechnung auf das ganze Hektoliter werden auch die Fehler mit 400 multipliziert. Es kommt meistens vor, daß diese Bestimmung im Verhältnis zur Wägung eines ganzen Hektoliters zu klein ausfällt.[7]) Aber in meinem Falle handelt es sich lediglich um eine Vergleichung der 2 Sorten, und da die Füllungsart absolut gleich war, kommt dieser Fehler kaum in Betracht.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichts, behauptet Schertler[8]), erscheint geradezu zur Sicherstellung des relativen Wertes beim Getreide geboten, da ohne dieses Hilfsmittel nur die chemische Analyse den genannten Zweck erreichen kann. Denn es liegt der Schluß nahe,

---

[1]) Ähnliche Ansichten wie Wollny sprachen auch andere aus, z. B. Wolfenstein (Wild. Centrbl. 1869. I. Bd. p. 443), der die Form, Farbe und Größe als charakteristisch bezeichnet für die Beurteilung des Stärkemehlgehaltes.

[2]) siehe oben.

*) daselbst.

[3]) Marek, l. c. p. 15 und 18.

[4]) Einer ähnlichen Meinung ist Fischer (siehe Fühl l. Ztg. 1902 p. 20), er führt deswegen das Hektolitergewicht nur ungern an. Daß diese Ansicht richtig ist, bestätigt die Erfahrung der praktischen Landwirte, daß sich das Hektolitergewicht durch die Art und Weise der Trocknung des Getreides schon auf dem Felde sehr stark verändern läßt.

[5]) Durch die ungleiche Füllungsart wird verschiedene Lagerung der Körner verursacht, welche Unterschiede bis zu 10 Pfd. pro Metzen (Schertler l. c. p. 4) ausmachen könnte.

[6]) Eine ausführliche Beschreibung desselben bei König, Unt. l. w. St. p. 713.

[7]) Schertler p. 5.

[8]) daselbst p. 29.

daß, je dichter das Korn ist (bei sonst gleichen Umständen), desto mehr Nährstoffe im gleichen Volumen enthalten sind, wenn wir wissen, daß Eiweißstoffe[1]), Kohlenhydrate und Aschenbestandteile ein größeres spezifisches Gewicht als Wasser besitzen; daher wird ihre Anwesenheit die Dichte des ganzen Kornes vergrößern. Aber wir haben auch andere wertvolle Bestandteile, z. B. das Fett, die in entgegengesetzter Richtung auf das spez. Gewicht einwirken. Bei den Cerealien (mit Ausnahme des Hafers) ist der Gehalt an Fett so klein, daß diese Wirkung nicht in Betracht käme, wenn nicht auch andere Faktoren als der stoffliche Gehalt bei der Dichte mitwirkten; namentlich sind es die Lagerung der Stoffe in den Zellen des Kornes selbst, Hohlräume, Schalenanteil etc., die diese ganze Bestimmung mehr oder weniger unsicher machen. Dieser Umstand hat dazu geführt, daß Wollny[2]) der Dichtebestimmung jeden Wert abspricht. —

Das spezifische Gewicht ist in der Regel bei den größeren Körnern größer, doch hat wieder Marek[3]) gerade das entgegengesetzte gefunden; er sagt: „So werden größere Körner der Bohnen und Erbsen, sowie mehlreichere Körner des Weizens spezifisch leichter sein." Da uns aber doch die Dichte des Kornes einen gewissen Anhalt bietet, so wurde auch ihre Bestimmung ausgeführt.

Nun kommt es darauf an, die vielerlei Fehlerquellen dieser Bestimmung möglichst zu beschränken. Sie wurde ausgeführt mit dem Pyknometer, bei gleichbleibender Temperatur[4]). Die oft zitierte Quellungsfähigkeit der Körner kommt bei einem höchstens 15 Minuten dauernden Liegen der Körner im Pyknometer kaum in Betracht. Die kleinen Luftbläschen, die den Körnern anhaften, ließen sich durch Schütteln nicht völlig entfernen und machten deshalb das Benutzen der Luftpumpe[5]) notwendig. Doch ist wieder eine andere Gefahr mit der Benützung der Luftpumpe verbunden, und zwar, daß, nachdem man in den Recipienten nach der Luftverdünnung wieder die Luft eindringen läßt, der Luftdruck das Wasser in die Höhlungen des Kornes hineinpreßt. Um dem vorzubeugen habe ich Petroleum angewandt: die Körner wurden mit ganz wenig Petroleum gut in den Händen angerieben. Die Luftbläschen ließen sich nun mit der Luftpumpe zwar besser entfernen, aber doch auch nicht vollständig; darin liegt also eine gewisse Fehlerquelle der Bestimmungsmethode.

Auf Grund aller vorausgeschickten Erwägungen wollen wir jetzt folgendes als Resultate unserer Bestimmungen angeben: (siehe Tabelle.)

---

[1]) z. B. sah Marek, daß das spez. Gewicht der Weizenkörner in demselben Maße zunahm, als der Eiweißgehalt derselben größer wurde, l. c. p. 38.

[2]) l. c. Z. f. Landw. 1877 p. 115.

[3]) Saatgut, Wien 1875 p. 185.

[4]) Schwankte zwischen 19 – 20° C.

[5]) Es wurde eine Wasserstrahlpumpe verwendet, welche ein Vacuum bis zu 27 mm. Quecksilber Druck erzeugen konnte.

# Physikalische Untersuchung des Roggenkornes.

| | Roggenqualität | 1. Messung des Kornes (alles in Millim.) | | | | | 2. Absolutes Gewicht (eines Kornes) | | 3. Körnerzahl im Gramm | | 4. Hektoliter Gewicht | | 5. Körnerzahl im Liter | | 6. Spezifisches Gewicht bestimmt | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge | | | Dicke | | | | | | | | | | ohne Luftp. | | mit Luftp. | |
| | | Mittel | Verh. z. | Verhältnis der Länge zur Dicke | Mittel | Verh. z. | Mittel | Verh. z. | berechnet | Verh. z. | Kg | Verh. z. | berechnet | Verh. z. | Mittel | Verh. z. | Mittel | Verh. z. |
| | | | | | | | im Gramm | | | | | | | | | | | |
| Zeeländer Roggen | I. | 7,34 | **132,4** | **74,3 : 25,7** | 2,55 | **135,8** | .03032 | **200,5** | 32,98 | 100 | 76,50 | **101,4** | 25236 | 100 | 1,337 | **101,7** | 1,395 | **101,3** |
| „ „ | II. | 5,56 | **100** | **74,7 : 25,3** | 1,88 | **100** | .01512 | 100 | 66,14 | **200,5** | 75,45 | 100 | 50596 | **200,5** | 1,323 | 100 | 1,377 | 100 |
| Bestehorn's Roggen | I. | 6,85 | **119,9** | **75,4 : 24,6** | 2,23 | **127,4** | .02796 | **256,0** | 35,84 | 100 | 75,45 | **116,7** | 27043 | 100 | 1,306 | **107,2** | 1,384 | **104,8** |
| „ „ | II. | 5,71 | **100** | **76,5 : 23,5** | 1,75 | **100** | .01093 | 100 | 91,74 | **256,0** | 64,66 | 100 | 59321 | **219,3** | 1,219 | 100 | 1,321 | 100 |
| Kornhausroggen | I. | 7,31 | **121,0** | **74,3 : 25,7** | 2,52 | **133,0** | .02640 | **162,0** | 37,88 | 100 | 75,10 | **105,2** | 28447 | 100 | 1,336 | **102,2** | 1,400 | **101,1** |
| „ | II. | 6,04 | **100** | **76,1 : 23,9** | 1,89 | **100** | .01630 | 100 | 61,35 | **162,0** | 71,35 | 100 | 43772 | **153,9** | 1,307 | 100 | 1,385 | 100 |

1. Die Länge der Körner steht fast überall in gleichem Verhältnis zur Dicke, und zwar ist dieses Verhältnis etwa wie 75 : 25, nur bei Bestehorns und Kornhausroggen zweiter Qualität sind die Körner etwas flacher (76,1—5 : 23,5—9), da hier auch zusammengeschrumpfte und eingetrocknete Körner vorhanden waren; aber doch ist dieser Unterschied nicht so groß, wie es auf den ersten Blick zu erwarten wäre[1]). Die Form der Roggenkörner wird also durch ihre Größe im allgemeinen weniger beeinflußt.

2. Die Länge und Dicke der Körner derselben Art sinkt mit ihrem absoluten Gewichte, aber viel langsamer als die entsprechenden Gewichtszahlen, d. h. der Unterschied in der durchschnittlichen Größe zwischen kleinen und großen Körnern ist nicht so erheblich wie derjenige zwischen ihrem durchschnittlichen Gewichte, was seine Erklärung darin findet, daß hier nicht die linearen Maßzahlen, sondern vielmehr diejenigen Zahlen, welche den kubischen Inhalt ausdrücken würden, zu berücksichtigen wären.

Das absolute Gewicht stimmt also nicht genau mit der absoluten Größe überein. Die Behauptung Mareks[2]), daß die Schwankungen im absoluten Gewichte größer sind bei den kleinen Körnern, als bei den großen, findet keine Bestätigung in meinen Resultaten. Beim Zeeländer Roggen wogen 100 Körner: bei der

| | | |
|---|---|---|
| I. Qual. | 2,945 g | Daher die größte Schwankung der Wägung in g |
| | 3,047 „ | 0,159 — diese in % des Mittels ausgedrückt: |
| | 3,104 „ | 5,24 % |

Im Mittel 3,032 g

| | | |
|---|---|---|
| II. Qual. | 1,484 g | Daher die größte Schwankung der Wägung in g |
| | 1,503 „ | 0,065 — diese in % des Mittels ausgedrückt: |
| | 1,549 „ | 4,29 % |

Im Mittel 1,512 g

Die großen Körner waren um

| | | |
|---|---|---|
| 156,0 | Proz. bei Bestehorn's- | Roggen schwerer als die kleinen derselben Varietät. |
| 100,5 | „ „ Zeeländer- | |
| 62,0 | „ „ Kornhaus- | |

Im Mittel um 106,1%

3. Die Körnerzahl in einem bestimmten Gewichte (hier 1 Gramm) sinkt in demselben Verhältnisse wie das obsolute Gewicht der Körner derselben Art steigt.

4. Das Volumgewicht steigt mit der Korngröße, jedoch nicht im Verhältnis zu dieser, sondern viel langsamer, wahrscheinlich deswegen, weil kleinkörnige Ware denselben Raum dichter als großkörnige ausfüllt.

Nowacki[3]) findet, daß das Volumgewicht um so größer ist, in je reiferem Zustande die Körner geerntet werden. Da nun meine kleinen Körner durchgängig ein geringeres Hekto-

[1]) Siehe namentlich Zeeländer Roggen I. und II. Qualität.
[2]) Saatgut p. 12.
[3]) Untersuchungen über das Reifen des Getreides. 1870 p. 45—47.

litergewicht besitzen, so müssen wir nur mangelhaft ausgereifte Roggenkörner in ihnen erkennen; eine Annahme, auf welche ich noch öfters zurückkommen werde.

5. Die Anzahl der Körner in einem gleichen Hohlmaß (hier 1 Ltr.) sinkt mit dem Steigen der Korngröße, aber langsamer als die Körneranzahl im gleichen Gewicht.

6. **a)** Das spez. Gew. derselben Körner, das mittels der Methode ohne Luftpumpe bestimmt wurde, ist durchgehend kleiner als dasjenige, welches mit Zuhilfenahme der Luftpumpe ermittelt wurde. Ich glaube, daß dieses nur von der Anwesenheit der Luftbläschen im Wasser herrührt, welche mit den Körnern zusammen mehr Wasser aus dem Pyknometer ausgetrieben haben, als das Volumen der Körner selbst betrug.

**b)** Bei den verschiedenen Kornqualitäten (derselben Art) zeigt das spezifische Gewicht keine erheblichen Unterschiede; aber es zeigt sich, daß dasselbe bei den größeren Körnern etwas größer ist, und zwar um 0,014—0,087 also 1,1—7,2%. Etwas kleiner sind diese Unterschiede bei der Methode mit der Luftpumpe, wo sie nur 1,1—4,8%, im Mittel 2,3% betragen, bei der anderen dagegen 1,7—7,2% im Mittel 3,7%. Das spez. Gewicht steigt mit dem Volumgewicht fast[1]) in gleichem Verhältnis.

Man darf natürlich nicht den Wert einzelner dieser Bestimmungen überschätzen, wie es z. B. Schertler und Wollny taten, vielmehr dürften wir vielleicht einen bestimmten Anhalt zur Schätzung des geprüften Roggens erst auf Grund aller dieser Bestimmungen zusammen erhalten. Bei kleinerem Korne, welches leichter ist, ist das Volumgewicht kleiner, das spez. Gewicht ebenfalls kleiner, die Anzahl der Körner im bestimmten Volumen oder Gewicht größer. Das wären alles Merkmale, nach denen man urteilen müßte. Wenn auch der kleinkörnige Roggen einen etwas geringeren Wert hat, so wird uns die chemische Analyse zeigen, daß dieses Urteil eingeschränkt werden muß und daß alle hier benutzten Beurteilungsmerkmale leicht irreführen können!

---

## II. Kapitel.

## Chemische Untersuchung des Roggenkornes.

### I. Teil. Die Futtermittelanalyse.

Bei den chemischen Untersuchungen des Roggenkornes wollen wir allen seinen wirtschaftlich wertvollen Bestandteilen unsere Aufmerksamkeit schenken, in erster Linie jenen Nährstoffgruppen, die uns die gewöhnliche Futtermittelanalyse angibt; also der Trockensubstanz, dem Rohprotein, dem Rohfette, den stickstofffreien Extrakt-Stoffen, der Rohfaser und dem Aschegehalte.

Da aber auch eine Zergliederung der stickstoffhaltigen Stoffe und eine solche der stickstofffreien ExtraktStoffe in ihre Untergruppen ausgeführt wurde, so wollen wir uns zunächst

[1]) doch etwas langsamer.

mit den vier übrigen beschäftigen, und diese beiden Gruppen im Zusammenhange mit ihren Bestandteilen erst später behandeln.

Diese Einzelbetrachtungen werden nach Auszügen aus den anliegenden Tabellen gemacht, in denen die ganze Futtermittelanalyse[1]) übersichtlich dargestellt ist. Die Mittelzahlen wurden aus Resultaten von mindestens zwei übereinstimmenden Parallelanalysen berechnet, die die zulässige Analysenschwankung[2]) nicht überschritten haben. Diese Mittelzahlen wurden auf die Trockensubstanz umgerechnet, d. h. in Prozenten der Trockensubstanz ausgedrückt.

Wenn nun die Mittelzahlen bei den verschiedenen Sorten derselben Art kleinere Differenzen gezeigt haben, als die zulässige Analysenschwankung betrug, so wurde dieser keine Bedeutung zugeschrieben, dies geschah nur dann, wenn diese Differenz größer war, als die Analysenfehler.

Um diese Differenzen besser zu veranschaulichen, habe ich überall Verhältniszahlen angeführt. Dabei wurde die kleinere Zahl mit 100 angesetzt, und die größere auf Prozente umgerechnet.

Zu den einfachen Mittelzahlen füge ich noch diejenigen der gleichen Qualitäten, aber der ungleichen Roggenarten hinzu, also den Gehalt der besseren oder schlechteren Körner im Durchschnitt. Bei diesen Mittelzahlen treten diejenigen Verschiedenheiten, die bei den einzelnen Roggenarten durch die verschiedenen Verhältnisse des Anbaues (also durch Boden, Düngung, Klima ꝛc.) verursacht wurden, mehr zurück, und diejenigen Unterschiede, die durch die Korngröße bedingt sind, fallen desto mehr ins Auge.

Im Verhältnis zu allen übrigen Pflanzenteilen ist der Wassergehalt der Samen ein sehr niedriger, trotzdem er noch kurze Zeit vor der Samenreife ebenso reichlich ist, wie in den anderen Organen. Es entweicht jedoch der größte Teil dieses Wassers sehr rasch erst kurz vor der vollen Reife[3]); völlig ausgereifte Samen enthalten fast nur hygroskopisch gebundenes oder Konstitutionswasser.[4]) Die Trockensubstanzbestimmung geschah durch Trocknen der Substanz im Wassertrockenschrank und zwar immer bis zum konstanten Gewicht.

## Wassergehalt.

| | Zeeländer Roggen | | Bestehorn Roggen | | Kornhaus-Roggen | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel | Verh. Z. | Mittel | Verh. Z. | Mittel | Verh. Z. | Mittel | Verh. Z. |
| I. Qualität . . | 13,640 | **112,2** | 13,850 | **113,4** | 14,010 | **101,8** | 13,834 | **109,1** |
| II. Qualität . . | 12,162 | **100** | 12,210 | **100** | 13,760 | **100** | 12,911 | **100** |

[1]) In der Tabelle II.

[2]) Diese ist nach der einzelnen Bestimmung verschieden, z. B. für Fettbest. 0,08 % der Substanz, für Stickstoff 0,2 ccm der Literlösung, bei der Rohfaser $^1/_4$ % ꝛc.

[3]) Nowacki, Getreidebau p. 220.

[4]) Harz, l. c. p. 395.

Betrachtet man nun diese Zahlen, so findet man ein überraschendes Resultat. Die kleinen Körner haben regelmäßig etwa um 1 Prozent geringeren Wassergehalt als die großen. Ein Beweis also, daß sie stärker ausgetrocknet sind, vielleicht dadurch, daß ihre Oberfläche im Verhältnis zum Inhalt größer ist. Auch in allen in der Einleitung angeführten (Müller, Marek, Wollny etc.) Fällen hat sich der Wassergehalt der kleinen Körner als kleiner erwiesen; Marek will darin sogar eine Gesetzmäßigkeit sehen, was aber Wollny bestreitet.

Die Trockensubstanz des Roggens, der in Böhmen gebaut wurde, ist zufällig in beiden Fällen etwa um 1 % höher, als diejenige des Kornhausroggens.

Nun wollen wir uns zu dem anorganischen Bestandteile der Trockensubstanz wenden d. h. zu dem Aschengehalte.

Nach den bis jetzt gemachten Untersuchungen zeigte sich immer, daß die kleineren Körner mehr von den mineralischen Bestandteilen hatten, als die großen.

Die Bestimmung des Aschengehaltes geschah durch Verbrennung des geschrotenen Roggens im Tiegel unter gelindem Glühen. Die Resultate sind folgende:

Gehalt an Asche.

| | Zeeländer Roggen | | | Bestehorn's Roggen | | | Kornhaus-Roggen | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qual. | 1,780 | 2,061 | 100 | 1,865 | 2,165 | 100 | 2,100 | 2,442 | 100 | 1,915 | 100 |
| II. Qual. | 1,920 | 2,186 | 107,8 | 2,045 | 2,345 | 109,6 | 2,370 | 2,748 | 112,8 | 2,111 | 110,1 |

Der Aschengehalt der kleineren Körner ist überall höher (und zwar um etwa 10 %). Eine Erklärung für diese Tatsache gibt uns wieder die Annahme, daß die kleinen Körner unreif oder notreif geerntet wurden. Von den Bestandteilen der Samen werden zuerst die Mineralstoffe (ähnlich wie die stickstoffhaltigen) im Verhältnis zu den stickstofffreien Stoffen in viel größeren Mengen im Korn abgelagert, und erst später kommt eine stärkere Ablagerung der stickstofffreien Stoffe hinzu. Denn es zeigt sich, daß beim Reifen der Körner der Aschengehalt relativ abnimmt, trotzdem derselbe absolut zunimmt, wie Heinrich[1]) beim Weizen nachwies[2]).

Eine Ergänzung zu den Angaben über den Gehalt an Gesamtasche bildet die Aschenanalyse, die beim Zeeländer Roggen ausgeführt wurde. Es wurde darin der Gehalt an den wichtigsten Bestandteilen festgestellt, und zwar: Kali, Natron, Kalk, Phosphorsäure und Kieselsäure. Diese Bestimmungen geschahen nach der im Laboratorium des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle üblichen Weise.

[1]) Heinrich, Annalen d. Landw. in den Preuß. Landen 1871, Harz 519.

[2]) Als eine andere Erklärung könnte der größere Schalenanteil des kleinen Kornes dienen; denn die Schale ist der Hauptsitz der Mineralstoffe des Roggenkorns, wie aus dem Aschegehalt der Kleie hervorgeht.

Die Resultate dieser Analysen sind folgende:

Zeeländer Roggen.

| | I. Qualität | | II. Qualität | |
|---|---|---|---|---|
| | Prozent | Verh. Z. | Prozent | Verh. Z. |
| $K_2O$ . . . . | 30,74 | **115,2** | 26,67 | **100** |
| $Na_2O$ . . . . | 8,34 | — | 8,22 | — |
| $CaO$ . . . . | 3,32 | — | 4,46 | — |
| $P_2O_5$ . . . . | 37,94 | **137,9** | 27,51 | **100** |
| $SiO_2$ . . . . | 18,18 | **158,0** | 11,50 | **100** |

Es zeigt sich ein deutlich höherer Gehalt der großen Körner an Kali, Phosphor- und Kieselsäure, dagegen bleibt der Natrongehalt gleich, und nimmt der Kalkgehalt ab. — Der Gehalt der kleinen Körner wäre gerade an den wertvollsten Bestandteilen der Asche ärmer und zwar an Kali und Phosphorsäure, danach aber wäre der Wert des kleinen Kornes kleiner in Bezug auf den Mineralstoffgehalt. Das ist aber durchaus nicht der Fall, denn darin liegt eben eine Ausgleichung, daß diese eine beträchtlich größere Menge der Asche enthalten. Außerordentlich groß ist der Unterschied im Kieselsäuregehalt; die Schale der großen Körner muß daher viel stärker verkieselt sein, als diejenige der kleinen. Die oben angeführte Analyse der schweren und leichten Körner bei Erbsen[1]) zeigt im Verhältnis des Mineralstoffgehaltes eine gewisse Übereinstimmung[2]) mit meinem Roggen.

Eine andere Übereinstimmung zeigt sich beim Vergleichen des Gehaltes an den verschiedenen Aschenbestandteilen bei den großen und kleinen Körnern mit demjenigen des reifenden Kornes. Mit der Reife nahmen nach Heinrich[3]) die Weizenkörner an Phosphorsäure und Kieselsäure zu (nur Kali blieb gleich); im Calcium zeigte sich, ebenfalls wie bei mir, eine Abnahme.

Nun kommen wir zu den organischen Bestandteilen der Trockensubstanz des Roggenkornes und da wollen wir mit dem Fettgehalt beginnen. Unter dem Rohfett verstehen wir die Gesamtmenge der im wasserfreien Äther löslichen Stoffe. Da aber außer den eigentlichen Fetten noch eine ganze Reihe der Pflanzenbestandteile in Äther löslich ist, so sind in diesem Ätherextrakt alle wachs- und harzartigen Substanzen, ferner Farbstoffe aller Art und organische Säuren etc. vorhanden[4]). Die Wachse kommen in der Epidermis vor, mehr zum Schutze der Samenkörner, Harze sind sekundäre Ausscheidungsprodukte, das reine Fett dagegen ist aus-

[1]) von Peter Collier.

[2]) ausgenommen die $SiO_2$.

[3]) Siehe oben, Resultate von Heinrich beim Weizen.

[4]) König l. c. p. 205.

schließlich Reservestoff der Samen. Es enthält $2^1/_2$ mehr oxydationsfähiges Material als die Kohlenhydrate und bildet dabei ein sehr wirksames stickstofffreies Nährmittel[1]).

Das reine Fett ist vollständig als solches verdaulich, dagegen machen den schwer- und unverdaulichen Teil des Ätherextraktes eben die mit extrahierten Wachse und Harze aus: gar keinen Wert für die Ernährung hat das Chlorophyll.

Über die nähere Zusammensetzung des Roggenfettes ist folgendes anzugeben. Dasselbe besteht aus Neutralfett, enthält aber auch freie Fettsäuren. König fand darin neben Palmitinsäure auch Stearinsäure; nach Ritthausen[2]) soll jedoch die letztere fehlen und dafür Ölsäure vorhanden sein. Nach Soxhlet sind 7,45% Cholesterin und 2,93% Lecithin[3]) darin enthalten. Charakteristisch für das Roggenfett ist auch sein Geruch, der demjenigen des frischen Mehls (Roggen-) ähnelt[4]).

Ich erwähne die angeführte Zusammensetzung nur, damit wir danach den Wert des Roggenfettes besser beurteilen können, da wir keinen Anhalt über seine Verdaulichkeit besitzen.

Die Fettbestimmung geschah im Soxhlet'schen Extraktionsapparate, getrocknet wurde das extrahierte Fett bis zum einigermaßen konstanten Gewicht[5]).

Fettgehalt des Roggenkornes.

| | Zeeländer Roggen | | | Bestehorn Roggen | | | Kornhaus-Roggen | | | Durchschn. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qu. . | 1,866 | 2,161 | **109,5** | 1,535 | 1,782 | **100** | 2,255 | 2,622 | **119,7** | 1,885 | **101,4** |
| II. Qu. . | 1,703 | 1,929 | **100** | 1,991 | 2,283 | **129,7** | 1,883 | 2,183 | **100** | 1,859 | **100** |

Eine Gesetzmäßigkeit im Bezug auf beide Korngrößen läßt sich aus diesen Resultaten nicht erkennen; man nimmt im allgemeinen an, daß große Getreidekörner mehr Reservestoffe, also auch mehr Fett enthalten müssen[6]). Das bestätigt der Rohfettgehalt im Zeeländer- und Kornhausroggen; doch Bestehorns-Roggen widerspricht dieser Annahme; denn es enthält die mindere Qualität davon sogar um 29,7% mehr Fett als seine besseren Körner. Eine gewisse Erklärung bietet Heinrich[7]) hierfür. Bei den stärkeführenden Samen (er prüfte den Weizen) soll der Fettgehalt in den jüngsten Stadien der Entwickelung am höchsten sein, von da nimmt er absolut und relativ ab. Die kleinen Körner des Beestehorn'schen Roggens waren

[1]) Jul. Kühn l. c. p. 65.

[2]) Ritthausen. Die Eiweißkörper, Bonn. 1872 p. 98.

[3]) Pott, Futtermittel p. 395.

[4]) Diesen Geruch konnte ich bei allen meinen Extraktionen wahrnehmen: Bibra (Getreidearten und das Brot, Nürnb. p. 292) führt ihn auf die Anwesenheit eines geringen Anteils an ätherischem Öl zurück (ähnliches l. Ritth. l. c. p. 100).

[5]) l. Draggendorf, Anal. von Pflanzen p. 10.

[6]) Siehe Einleitung.

[7]) Harz l. c. p. 516.

zweifelsohne von den beiden übrigen Sorten im unreifsten und jüngsten Stadium ihrer Entwickelung geerntet, was an ihrem Aussehen deutlich zu erkennen war.

Der fettreichste Teil des Getreidekornes ist der Embryo; dieser enthält nach Haberland[1]) beim Roggen bis 13,37%, bei Weizen 15—30% Fett, und bildet etwa 6,74% vom gesamten ausgebildeten Korne; er ist aber schon lange vor der Reife fertig ausgebildet. Bei den verschieden großen Eiweißkörpern des Kornes ist auch der relative Anteil des Keimes am ganzen Korne verschieden groß. Je kleiner das Albumen ist, relativ desto größer ist der Keim, und dies ist wohl bei meinen Körnern der Fall, am meisten bei Beestehorn's Roggen, bei welchem dieser Embryo relativ so groß ist, daß er den größeren Fettgehalt[2]) bedingen kann[3]). Doch sollten danach die kleinen Körner immer mehr Fett enthalten; das ist aber, wie die anderen Roggensorten zeigen, nicht immer zutreffend.

Hierzu kommt noch, daß, in je jüngeren Stadien die Körner geerntet werden, desto mehr Farbstoffe (Chlorophyl) sie enthalten, die sich im Ätherextrakt wiederfinden. Dadurch dürfte die Verdaulichkeit des Rohfettes beeinflußt werden, und zwar zu Ungunsten der jungen Körner. Beweisen läßt sich dies nicht, da wir keine Versuche[4]) über die Verdaulichkeit der Roggennährstoffe besitzen; andererseits spricht die größere Verdaulichkeit des Rohfettes bei den jüngsten Futterpflanzen dagegen[5])[6]).

Ein weiterer Bestandteil der stickstofffreien Stoffe ist die Rohfaser (auch Holzfaser genannt); ihre Grundlage bildet der Zellstoff, der in verschiedenartig modifizierten Beschaffenheit auftritt, und deshalb große Verschiedenheit im chemischen Verhalten und der Löslichkeit zeigt. Daher ist es vollkommen berechtigt, daß wir diesen am schwersten aufschließbaren Teil der stickstofffreien Stoffe von den übrigen, die leichter löslich sind, trennen. Mit der schweren Löslichkeit dieser Stoffgruppe geht Hand in Hand ihre schwere Verdaulichkeit; sie wurde sogar lange Zeit als unverdaulich betrachtet. Erst Stöckhardt und Henneberg[7]) haben gezeigt, daß doch ein Teil dieser Stoffe von den Wiederkäuern verdaut wird. Außerdem war die Ausnutzung des verdauten Teiles der Rohfaser nicht gleich demjenigen der übrigen Kohlenhydrate, sondern viel kleiner; erst P. Holdefleiß[8]) hat durch Versuche an Hammeln den Ausnutzungskoeffizienten rund

[1]) Wilda, Centralbl. 1869 p. 183. (fr. Weizen) und Harz 117 4 l. c.

[2]) Doch meint Haberland (Marck. l. c. p. 32) beim Weizen: Der Keimling könne seines geringen Anteils wegen (dort nur 2—4%) keinen Einfluß auf die Gesamtölmenge des Kornes haben.

[3]) Die fettreichere Klebeschicht macht dabei gewiß viel aus.

[4]) Jul. Kühn, l. c. p. 220.

[5]) daselbst p. 157.

[6]) Mit dem Fette des Zeeländer Roggens wurden noch einige eingehendere Untersuchungen gemacht, auf die ich aber ihrer Unvollkommenheit wegen keinen größeren Wert lege. Ich nahm dazu den reineren, nur in Petroläther löslichen Teil des Ätherextraktes. Der Gehalt an diesem reinen Fette war: bei der I. Qual. 0,8% und bei der II, Qual. 1,08% der Substanz. Bei den besseren Körnern war die Köttstorfer'sche Verseifungszahl 175,65 und die Hübel'sche Jodzahl 138,0 bei einem Gehalt von 7,51% an freier Ölsäure. — Bei der schlechteren Qual. war die Jodzahl 118,9%.

[7]) Jul. Kühn, Berichte des l. Inst. Heft XII p. 53.

[8]) daselbst p. 86 u. p. 67.

auf 80 % des verdauten Rohfaser-Anteils festgestellt, gegenüber den früher angenommenen 50 %. Der verdauliche Teil der Rohfaser ist nur reine Cellulose, während die übrigen, in den Zellenwänden abgelagerten, kohlenstoffreicheren Stoffe, das Lignin und Suberin, vollständig unverdaulich sind; je stärker die Holzfaser verholzt ist, desto weniger wird davon bei der tierischen Verdauung gelöst. Die Rohfaser käme ihres geringen[1]) Gehalts wegen, im Roggen als Nährstoff kaum in Betracht, wenn nicht mit ihr ein anderer Umstand verbunden wäre, nämlich ihre Einwirkung auf die Verdaulichkeit der übrigen Nährstoffe, namentlich auf diejenige des Proteins[2]). Die an Rohfaser ärmeren Sorten ergeben nach den vorliegenden Versuchen ein durchschnittlich höheres Maß der Verdaulichkeit; nur der geringe Roggen enthält mehr Rohfaser und es läßt sich erwarten, daß die Verdaulichkeit seines Stickstoffs auch kleiner sein wird, was sich einigermaßen bestätigt hat[3]).

Ein gewisser Mangel der Rohfaserbestimmung ist, daß die übliche Behandlungsweise kein Trennungsmittel der Gruppe der Pentosanen von den Hexosanen bietet. Nach der jetzigen Futtermittelanalyse werden diese Stoffe zum Teil den stickstofffreien Extraktstoffen angerechnet, der übrige Teil bleibt dagegen bei der Rohfaser[4]). Da aber der Roggen außerordentlich reich an gummiartigen Bestandteilen ist, so erschien es ganz angemessen, diese Stoffe auch für sich zu bestimmen; da aber gewiß diese Gummiarten einen Teil der stickstofffreien Extraktstoffe ausmachen, so erscheint es mir zweckmäßiger, diese Gruppe der Kohlenhydrate erst in Gemeinschaft mit den übrigen Kohlenhydraten zu besprechen und nicht bei der Rohfaser. Dies umsomehr als König[5]) fand, daß nur etwa 15 % der gesamten Menge der Roggenpentosane bei der Rohfaserbehandlung ungelöst bleibt; man rechnet daher die Roggenpentosane besser den stickstofffreien Extraktstoffen als der Rohfaser zu.

Die Rohfaserbestimmung geschah in der F. Holdefleiß'schen Birne; das gewöhnlich vorgeschriebene 2stündige Trocknen der Rohfaser im Tiegel genügte nicht, weshalb dieselbe immer bis zum konstanten Gewicht getrocknet wurde.

Rohfasergehalt des Kornes.

| | Zeeländer Roggen | | | Bestehorn's Roggen | | | Kornhaus-Roggen | | | Durchschn. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qu. . | 3,350 | 3,879 | **142,8** | 2,855 | 3,290 | **100** | 2,329 | 2,710 | **100** | 2,838 | **101,3** |
| II. Qu. . | 2,345 | 2,670 | **100** | 3,530 | 4,048 | **124,5** | 2,530 | 2,933 | **108,6** | 2,801 | **100** |

Aus diesen Zahlen ergiebt sich, daß die kleinen Roggenkörner in einigen Fällen mehr Rohfaser enthalten, als die großen und zwar je kleiner die Körner sind, desto mehr enthalten

[1]) Roggen enthält 1,8—5% Rohfaser.

[2]) Jul. Kühn, l. c. p. 151.

[3]) Siehe weiter unten.

[4]) König, Untersuch. d. landw. wicht. Stoffe p. 226.

[5]) Landw. Vers.-Station Bd. 48 p.

sie gewöhnlich davon. Bestehorns Roggen (II. Qu.) ist der kleinkörnigste, daher der meiste Rohfasergehalt bei ihm. In der Schale des Getreidekorns ist der größte Teil der Rohfaser enthalten, beim kleinen Korne ist die Oberfläche im Verhältnis zu seinem Inhalt größer, d. h. der Schalenanteil des kleinen Kornes ist größer, daher sollten dieselben regelmäßig mehr Rohfaser enthalten. Dennoch beweist der Zeeländer Roggen, daß dieses nicht gesetzmäßig ist.

Eine gewisse Erklärung für die Möglichkeit des Vorkommens des höheren Rohfasergehalts in den großen Körnern bieten Rosenberg-Lipinsky[1]) und Nowacki[2]). Von ersterem wurde die Ansicht ausgesprochen, daß das Pericarp[3]) der Getreidefrüchte von der Gelbreife an immer fester und dichter wird. Nowacki hat diesen Vorgang eingehend geprüft[4]), indem er die Dicke der Fruchtschale der Weizenkörner während der verschiedenen Reifestadien gemessen hat; diese nahm mit der Reife ab. Doch wäre es irrtümlich zu meinen, daß die Fruchtschale mit der zunehmenden Reife zarter werde; vielmehr wird dieselbe gegen die Reife hin durch Verholzung der Membranen fortwährend fester und derber.

Wenn man bedenkt, daß in unserem Falle zu der stark verholzten Samenschale noch der Reichtum an anorganischen Bestandteilen, d. h. die oben betrachtete, auffallend hohe Verkieselung des Zeeländer Roggens (erster Qu.) hinzukommt, wird man es wohl erklärlich finden, daß auch große Roggenkörner vorkommen können, die an den am schwersten löslichen Bestandteilen reicher sind, als die kleinen Körner derselben Art. Allerdings mußte der Zeeländer Roggen in einem überreifen Stadium geerntet worden sein, zum mindesten reifer als die beiden anderen Arten.

Mit dieser Verholzung und Verkieselung der Fruchtschale des großen voll-, event. totreifen Kornes hängt aber auch seine geringere Verdaulichkeit zusammen; dagegen wird man ohne weiteres sagen können, daß wenn auch die kleineren Körner regelmäßig mehr Rohfaser enthalten, doch durch deren leichte Aufschließbarkeit, im Verhältnis zu derjenigen der ausgereiften Körner, eine Ausgleichung zugunsten der kleinen Roggenkörner (siehe weiter unten) stattfinden wird.

---

## II. Kapitel.

## II. Teil. Stickstoffhaltige Verbindungen.

Die Gruppe stickstoffhaltiger Stoffe, die unsere gewöhnliche Futtermittelanalyse angibt, ist die des Rohproteins; in dieser wird die Gesamtmenge der Stoffe der Pflanzen zusammengefaßt, die den Stickstoff als elementaren Bestandteil besitzen. Diese Körper sind die Grundlage aller pflanzlichen Bildung, und zwar sind es vorwiegend Eiweißkörper, welche das Protoplasma

[1]) Harz l. c. p. 513.

[2]) Nowacki, Getreidebau p. 143.

[3]) Das ist der einzige Teil der Getreidefrüchte, in welchen auch das Lignin vorkommt, Harz l. c. p. 422.

[4]) Nowacki, Unters. ü. d. Reifen etc., l. c. p. 27.

zusammensetzen.[1]) Daraus, daß die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandteile als die Träger aller organischen Tätigkeit funktionieren, folgt die Wichtigkeit dieser ganzen Gruppe für das pflanzliche und tierische Leben. —

Doch haben wir keine analytischen Mittel, die uns in den Stand setzen, die Gesamtmenge der stickstoffhaltigen Stoffe von den übrigen Bestandteilen der pflanzlichen Gewebe zu trennen. Dafür aber können wir sehr genau den Stickstoffgehalt derselben bestimmen und damit müssen wir uns begnügen. Eine Berechtigung zur Bestimmung der stickstoffhaltigen Stoffe nach ihrem Stickstoffgehalt gibt uns die Tatsache, daß der Stickstoffgehalt der Eiweißsubstanzen oder Proteide ziemlich konstant ist, und nur innerhalb bestimmter ziemlich enger Grenzen schwankt; diese Grenzen liegen zwischen 15,6—18,3 % des Eiweißes, im Mittel etwa bei 16 %. Daher wird die Proteinmenge durch Multiplikation mit 6,25 aus dem bekannten Stickstoffgehalt berechnet. Aber eine solche Art der Berechnung hat zwei große Fehlerquellen; denn erstens besteht die Gruppe des Rohproteins nicht ausschließlich aus Eiweißkörpern, sondern zum Teil auch aus stickstoffhaltigen Körpern, die einen anderen Stickstoffgehalt haben als diese zweitens werden auch die analytischen Fehler durch die Multiplikation mit 6,25 um das ebenso vielfache vergrößert. Ohne Zweifel verdient der Vorschlag Ritthausens[2]) Beachtung für bestimmte Gruppen von Pflanzesubstanzen auch ihre entsprechenden Faktoren zu benutzen; da der Stickstoffgehalt der Proteide von Körnerfrüchten etwas größer ist als 16 %, durchschnittlich 17,6 % des Eiweißes, wäre hier der Faktor 5,70 zu benutzen. Doch hat diese Berechnungsweise keine allgemeine Verbreitung gefunden, und andererseits wird der Fehler doch nicht vollständig vermieden. Man kann aber diese ganze Ungenauigkeit damit umgehen, daß man, anstatt das Protein selbst anzuführen, nur den Stickstoffgehalt angibt, d. h. nur das gefundene Resultat der Stickstoffbestimmung selbst. In allen meinen Stickstoffbestimmungen habe ich beides angeführt.

Der Begriff des Rohproteins hat, wie oben bemerkt wurde, einen sehr breiten Umfang und umfaßt alle stickstoffhaltige Substanzen; diese bestehen keineswegs ausschließlich aus den wirklichen Eiweißkörpern, wenn auch zum weitaus überwiegenden Teile. Außer diesen sind hier in erster Linie die Amide zu nennen, die als stickstoffhaltige Spaltungsprodukte und Transportstoffe des Proteins aufzufassen sind. Daneben findet sich die den Eiweißkörpern nahestehende Gruppe der ungeformten Fermente oder Enzyme, von denen kleine Mengen gewiß auch in reifen Getreidekörnern bleiben, und zwar die stärkespaltenden, diastasischen, und vielleicht auch, aber zum kleinen Teil die peptonisierenden Fermente; das letztere namentlich ist bei manchen, aber nicht bei allen Keimpflanzen, z. B. Gerste, Mohn, Mais anzunehmen.[3]) Ihre hervorragende physiologische Funktion besteht in der Überführung der unlöslichen Reservestoffe des Samens in eine andere Form, in der sie in den Pflanzensäften löslich sind. Von den weiteren stickstoffhaltigen Stoffen wären noch die Glycoside und Alcaloide anzuführen, die aber für

---

[1]) Jul. Kühn, l. c. p. 23.

[2]) König, Unters. l. w. p. St. 196

[3]) A. Mayer, Agric. Chem. p. 245.

den Roggen von geringerer Bedeutung sind. Schließlich kommen dann auch kleine Mengen stickstoffhaltiger, anorganischer Salze vor. Das wäre die kurze Übersicht der stickstoffhaltigen Stoffe, welche auch in unserem Falle bei Roggenkörnern in Betracht kommen.

Wie sich nun der Gehalt an Gesamtstickstoff bei den kleinen und großen Körnern verhalten wird, können wir aus den Verschiedenheiten im Stickstoffgehalt der reifen und unreifen Samenkörner des Roggens im Anschluß an die Untersuchung von Lucanus[1]) schon ungefähr voraussagen. Derselbe untersuchte die Roggenkörner während verschiedener Perioden der Reife; dabei zeigte es sich, daß der Proteingehalt relativ am höchsten ist im jüngsten Zustande des Kornes; von da nimmt er fortwährend relativ ab, indem er aber absolut zunimmt; es verhält sich also der Proteingehalt verschieden in Vergleich zu den stickstofffreien Stoffen, welche nicht nur relativ, sondern auch absolut mit der fortschreitenden Reife zunehmen. – Diese Erscheinung ist dadurch erklärlich, daß die Pflanzen in der ersten Zeit ihrer Entwickelung den größten Teil des ihnen zugänglichen Stickstoffes (ähnlich wie die Mineralstoffe) aufnehmen; daher die relativ große Menge der stickstoffhaltigen Bestandteile in der jungen Pflanze. Und diese Stoffe werden auch mit den Aschenbestandteilen zuerst in verhältnismäßig größeren Mengen als die Kohlenhydrate in den Körnern abgelagert. Wenn nun noch zu dieser Zeit die weitere Entwickelung der Samen, die hauptsächlich in der Bildung und Ablagerung der stickstofffreien Stoffe besteht, durch eine vorzeitige Ernte oder durch andere Umstände verhindert wird, so bleiben die Körner klein und relativ stickstoffreicher. Alle Angaben über den Gesamt-Stickstoff-Gehalt solcher Körner bestätigen die Richtigkeit dieser Annahmen.

Nun wollen wir auch bei unseren Roggenarten diese Verhältnisse prüfen.

Gehalt an Stickstoff
(nach Kjeldahl bestimmt. Rohproteinzahlen in der Tabelle II.).

| | Zeeländer Roggen | | | Bestehorn's Roggen | | | Kornhaus-Roggen | | | Durchschn. | | stickstofffr. Extrakt-Stoffe | Fett |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. | Verh. Z. | Verh. Z. |
| I. Qu. . | 1,4991 | 1,7357 | **100** | 1,6767 | 1,9462 | **100** | 1,5976 | 1,8583 | **100** | 1,5911 | **100** | **100** | **101,4** |
| II. Qu. . | 1,5422 | 1,7557 | **102,9** | 1,7216 | 1,9750 | **103,4** | 1,6226 | 1,8820 | **101,6** | 1,6290 | **102,9** | **100,7** | **100** |

Die erste Folgerung aus diesen Zahlen ist die Bestätigung der oben angeführten Behauptung, daß die kleinen Körner in allen Fällen mehr Stickstoff enthalten. Es zeigen sich allerdings im Stickstoffgehalte gleicher Sorten große Schwankungen, aber desto deutlicher tritt dann der höhere Stickstoffgehalt der geringeren Körner hervor.

Der Unterschied im Proteingehalt der beiden Größen derselben Roggenvarietät ist am höchsten bei Bestehorn's-Roggen (3,4 %), etwas kleiner beim Zeeländer-Roggen (2,9 %) und am kleinsten beim Kornhausroggen (1,6 %), aber der Unterschied in der Korngröße (dieser

[1]) Harz, l. c. p. 520 oder Zusammensetzung und Verd. der Futtermittel Dietrich u. König, 2. Aufl., Berlin 1891, p. 446.

kommt am besten im absoluten Gewichte der Körner zum Ausdruck, siehe Tabelle I — ist eben auch am größten bei Bestehorn's-Roggen, kleiner beim Zeeländer und am kleinsten beim Kornhausroggen, sodaß man daraus ohne weiteres folgern kann, je kleiner die Körner, desto mehr Rohprotein enthalten sie. — Man könnte auch eine ähnliche Folgerung über den Zusammenhang der Form der Körner mit dem Stickstoffgehalte aussprechen. Die Bestehorns-Körner waren (siehe ebenfalls Tab. I. Verh. der Dicke zur Länge) die flachsten; also auch hier eine gewisse Bestätigung der Annahme, daß je flacher ein Getreidekorn ist, desto höher sein Proteingehalt (mit Ausnahme des Kornhausroggens).

Fischer[1]) hat beim Roggenkorn von verschiedenen Jahrgängen gewisse konstante Beziehungen zwischen dem Rohproteingehalt einerseits und dem Rohstoff und den stickstofffreien Extraktstoffen anderseits gefunden. Wir wollen nun prüfen, ob auch diese Verhältnisse für die kleinen und großen Körner derselben Art gelten. Er folgert: Jahrgänge mit hohem Gehalt an stickstofffreien Extraktstoffen, d. h. solche mit reichem Mehlgehalt, mit großer Mahlergiebigkeit, werden einen relativ niedrigen Fettgehalt und einen relativ niedrigen Gesamt-Stickstoffgehalt zeigen, und umgekehrt.

Was die stickstofffreien Extraktstoffe anlangt, so trifft diese Regel im allgemeinen zu, doch nicht mit absoluter Sicherheit, da beim Kornhaus- und Zeeländer-Roggen der Stickstoffgehalt des kleinen Kornes größer ist und der Gehalt an stickstofffreien Extraktstoffen des Kornhausroggens gleich bleibt, während derselbe beim Zeeländer-Roggen sich gerade umgekehrt verhält. Im Fettgehalt trifft die Regel überhaupt nicht zu, da hier die großen Körner gewöhnlich an der Spitze stehen; an Stickstoff sind die schlechteren dagegen regelmäßig reicher; der größere Fettgehalt ist gewöhnlich mit kleinerem Stickstoffgehalt verbunden.

Da im Rohprotein die eigentlichen Eiweißkörper, welche einen bei weitem größten Teil der gesamten stickstoffhaltigen Stoffe ausmachen, mit anderen physiologisch gänzlich verschieden wirkenden Körpern zusammengeworfen werden, kann uns das Rohprotein nur einen geringen Aufschluß über den Gehalt der Substanz an diesem wertvollen Teile der stickstoffhaltigen Stoffe geben. Um diesen letzteren Zweck zu erreichen, müssen wir uns daher zu den Bestandteilen des Rohproteins wenden, und da haben wir in der Reineiweißbestimmung ein Mittel, durch welches das wirkliche Protein von dem Nicht-Protein direkt getrennt werden kann, mit denen wir uns jetzt beschäftigen wollen.

Wir wollen aber zuerst einen kurzen Überblick über diese Körper des Samenkornes geben, da die Wichtigkeit, welche sie besitzen, uns dazu führt. Sie sind es, die als Bestandteile des Protoplasmas eine tiefgreifende physiologische Bedeutung für die Pflanze und ihre Ernährung selbst besitzen. Da nun diese pflanzlichen Proteide die alleinige Quelle bilden, aus welcher alle Neubildung und aller Ersatz der eiweißreichen Teile des tierischen (auch menschlichen) Organismus stattfinden muß, so erhellt daraus, daß diese Stoffe mit Kohlenhydraten und Fetten allein den Wert des Getreidekornes für die menschliche und tierische Ernährung ausmachen und bestimmen.[2])

[1]) Jul. Kühn, Berichte des landw. Inst., p. 56—57 Heft X.

[2]) Siehe Bibra p. 139.

Diese Stoffe bilden aber in der pflanzlichen Substanz keinen einheitlichen Körper, sondern eine ganze Reihe von solchen, die alle die gemeinsamen Eigenschaften der Proteide besitzen, die sich aber durch verschiedene Löslichkeit von einander unterscheiden. Die Eiweißkörper unserer Körner, nach dem Gesichtspunkt der zunehmenden Löslichkeit geordnet, bilden eine Reihe von Körpern, von der leichtesten Löslichkeit der Peptone bis zu den am schwersten aufschließbaren Eiweißstoffen, die sich auch der Einwirkung des Alkali entziehen können[1]).

Eine solche Anordnung der Proteide wird nicht ohne Recht mit derjenigen der Kohlenhydrate verglichen, obzwar die hydrolytischen Vorgänge, die beim Übergange des schwerlöslichen Eiweißes in eine leichter lösliche Form desselben und umgekehrt stattfinden sollen, noch nicht näher aufgeklärt sind.[2])

Unter allen diesen den Charakter der Proteinstoffe zeigenden Körpern des Samenkornes ist aber ein wichtiger Unterschied zu machen, und zwar zwischen dem physiologisch tätigen Eiweiß einerseits, und dem Reserveeiweiß andererseits. Daß sich diese beiden Gruppen der Proteide in den kleinen und großen Roggenkörnern zu einander verschiedenartig verhalten, sowie die Art wie dieses gegenseitige Verhalten zum Ausdruck kommt, will ich an einer anderen Stelle dieser Arbeit ausführlicher betrachten, sowie auch die einzelnen Eiweißkörper und die Eigenschaften derselben dann erst besprechen.

Die äußere Form der in den Getreidekörnern vorkommenden Reserveproteide ist die des Hartplasmas, einer wachsartigen, festen Masse, in welcher außer Eiweißstoffen, Öel, Mineralstoffe, sowie sonstige Bestandteile enthalten sind und die auch mannigfach geformte Substanzen, wie Aleuronkörner oder Proteinkörner, welche sich bei den Halmgetreidearten ausschließlich in der sogenannten Kleberschicht des Endosperms vorfinden und da relativ klein und einschlußfrei[3]) sind, sowie Stärkekörner etc., einschließen kann.[4])

Die Hauptmasse des Protoplasmas macht das Gliadin aus, welches hauptsächlich im Inneren der das eigentliche Mehl liefernden Zellen enthalten ist[5]), sowohl bei dem Weizen, wie wohl auch bei dem Roggen, wogegen das Pflanzenkasein[6]) mehr in den äußeren Zellen des Endosperms, der Kleberschicht, enthalten ist. (Siehe näheres darüber bei der Extraktion der Kleberproteide.)

Zu der quantitativen Bestimmung des Eiweißes benutzt man seine Eigenschaft, mit Schwermetallsalzen in neutralen Flüssigkeiten unlösliche Eiweißverbindungen zu bilden. Von verschiedenen Methoden ist die verbreitetste die Fällung der Proteide mit Kupferoxydhydrat, wie sie Stutzer[7]) eingeführt hat. Bei der nach dieser Methode üblichen Behandlung der Sub-

[1]) z. B. ein Teil des Glutenins.

[2]) A. Mayer, Agric. Chem. p. 237.

[3]) Strauburger, Lehrbuch der Botanik, Jena 1900, p. 64.

[4]) Jul. Kühn, l. c. p. 39.

[5]) P. Holdefleiß, Wodurch können wir in Deutschland den kleberreichen, ausländischen Weizen entbehrlich machen? Sond.-Abdrck. Fühl. landw. Ztg., 1901 p. 1.

[6]) Bibra, l. c. p. 383.

[7]) König, Untersuchung der landw. und gewerbl. wichtigen Stoffe, Berlin 1898 p 196.

stanz mit warmem Wasser darf man beim Roggen und Roggenmehl nur gelinde im Wasserbad erwärmen, da sonst die Stärke verkleistert und die darauf folgende Filtration unmöglich macht[1]). Im Niederschlag bestimmt man den Reineiweiß-Stickstoffgehalt nach Kjeldahl.

Reineiweißstickstoffgehalt des Roggens.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschn. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | In Proz. d. Roh-Prot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | In Proz. d. Roh-Prot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | In Proz. d. Roh-Prot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| 1. Qual. | 1,3620 | 1,5771 | **90,86** | **101,6** | 1,3459 | 1,5602 | **80,58** | **100** | 1,4949 | 1,7390 | **13,58** | **100,9** | 1,4009 | **100** |
| 2. Qual. | 1,3400 | 1,5255 | **86,89** | **100** | 1,4311 | 1,6419 | **83,13** | **106,3** | 1,4807 | 1,7175 | **91,26** | **100** | 1,4172 | **101,1** |

Es läßt sich im allgemeinen kein gesetzmäßiger Zusammenhang darin finden; es scheint als ob der Reineiweißgehalt der kleineren Körner etwas niedriger wäre, als derjenige der großen; doch haben gerade die kleinsten Körner bei Bestehorns Roggen einen unverhältnismäßig hohen Reineiweißgehalt, so daß der Durchschnitt bei den kleinen ganz wenig mehr Reineiweiß zeigt. Daraus kann man also noch keinen gesetzmäßigen Zusammenhang folgern.

Ähnlich kann man auch zwischen dem Rohproteingehalte einerseits und dem Reineiweißgehalte andererseits keine bestimmte Beziehung finden.

Nun wollen wir noch prüfen, ob sich ein Zusammenhang zwischen dem Eiweißgehalt und dem Phosphorsäuregehalt der großen und kleinen Körner findet. Denn diese beiden Stoffe zeigen eine gewisse Zusammengehörigkeit, obzwar die Eiweißkörper selbst, mit Ausnahme der Nukleoproteide, nicht phosphorhaltig sind. Diese Zusammengehörigkeit zeigt sich auch darin, daß aus den pflanzlichen Organen, aus denen die Proteide auswandern, auch die Phosphorsäure verschwindet, sodaß diese bis zu einem gewissen Grade als unzertrennlicher Begleiter der Eiweißstoffe im Organismus erscheint. Diese Beziehungen wurden nun dahin gedeutet, daß sich ein bestimmtes Verhältnis des Eiweißgehaltes zum Phosphorsäuregehalt zeigt, daß dieses Verhältnis je nach der Getreideart wechselt, im allgemeinen aber bei ein und derselben Getreideart konstant bleibt; beim Roggen verhält sich die Phosphorsäure zum Stickstoffgehalt wie 1 : 2,0—2,4.[2])

Wir wollen nun noch prüfen, ob auch bei den großen und kleinen Körnern dieses Verhältnis eingehalten wird. Es wurde nur beim Zeeländer Roggen die Bestimmung der Phoshhorsäure ausgeführt.

---

[1]) Man benutzt zum Filtrieren die sogenannten aschefreien Filter, Schleicher & Schüll, Nr. 589, siehe König b. c. p 197.

[2]) Näher darüber siehe Mayer, p. 279, Harz p. 520, Märcker, Vorlesung. I. Teil p. 46.

Der Phosphorsäuregehalt der Asche betrug bei I. Qual. 37,94 } %
„ II. Qual. 25,51 }

das macht in Prozenten der Substanz: I. Qual. 0,6753 } %
II. Qual. 0,5282 }

Wenn wir nun diese Zahlen = 1 setzen, so ist das Verhältnis zum Eiweißstickstoffgehalt (I) zu 2,22, (II) zu 2,919. Bei den normal ausgereiften Körnern wird also das oben angeführte Verhältnis eingehalten, bei den kleinen Körnern kommt dagegen auf die gleiche Menge Phosphorsäure viel mehr Eiweißstickstoff.

Weiter kommen wir zu dem kleineren, aber doch wichtigen Bestandteile des Rohproteins, zu dem Nichteiweiß, unter welchem Ausdruck man alle stickstoffhaltigen Stoffe zusammenfaßt, die nicht dem pflanzlichen Protein angehören, die also durch Kupfersalze nicht fällbar sind. Diese nichteiweißartigen stickhaltigen Stoffe der Futtermittel sind noch nicht ausreichend untersucht.[1]) Den ungleich größeren Anteil machen in der Regel die Amidsubstanzen (Säureamide und Amidosäuren) aus. Besonders häufig kommt das Asparagin, bei den Runkelrüben das Glutamin und Betain vor. Nur einen verschwindend geringen Anteil dürften die anorganischen Salze des Stickstoffes, und zwar die salpetersauren und Ammoniaksalze[2]) ausmachen.

Die Mengen, in denen die Nichtproteinsubstanzen in den pflanzlichen Stoffen während der ganzen Entwicklung auftreten, sind sehr wechselnde; im allgemeinen gilt die Regel, je stärker der Stoffwechsel eines Pflanzenteiles ist, desto mehr Amide werden darin vorhanden sein. Die wechselnde Anhäufung der Amide ist durch ihre physiologische Funktion bedingt; sie sind nämlich Zersetzungs- und Umbildungsprodukte der Eiweißstoffe[3]), aus denen der pflanzliche Organismus wiederum Eiweißstoffe erzeugen kann[4]). Fehlt es jedoch an stickstofffreien Stoffen, deren Hinzutreten zur Neubildung des Proteins notwendig ist (Glukose), so kann die Pflanze nicht die ganze Menge der durch den Stoffwechsel entstandenen Amide zu Eiweiß zurückbilden, infolgedessen sie sich dann anhäufen. Das ist der Fall bei der jungen Pflanze, weil ihr Stoffwechsel am lebhaftesten bei ungenügenden Mengen der stickstofffreien Stoffe vor sich geht. Mit dem zunehmenden Alter, also abnehmendem Stoffwechsel, nimmt auch der Reichtum an Pflanzenamiden ab, so daß vollständig ausgereifte Pflanzenteile schließlich gar keine oder wenig Amide enthalten (z. B. ausgereiftes Stroh des Halmgetreides).[5])

Eine andere physiologische Funktion, die den Amiden oft zugeschrieben wird, ist die, daß sie eine Transportform[6]) darstellen, was wohl auch zum größten Teile für das Nichteiweiß

[1]) Jul. Kühn l. c. p. 43.

[2]) Roggen enthält nach H. Pellet 0,177% Amoniak, nach Pott, Futterm. p. 26.

[3]) Jul. Kühn, p. 44.

[4]) Wie aus den Beobachtungen Borodins und anderer hervorgeht (Botan. Ztg. 1878 p. 801).

[5]) P. Holdefleiß, Über den Gehalt der reifen Stroh- und Spreuarten an nicht eiweißartigen Bestandteilen, Zeitschrift für Naturwissenschaften Bd. 70 p. 200.

[6]) Straubinger, Botan., p. 174.

der Samenkörner gilt. Da nun die kleinen nicht ausgereiften Körner noch während der Ablagerung der Reservestoffe, also noch in vollem Stoffwechsel, von der vorzeitigen Eintrocknung (sei es durch Notreife oder durch vorzeitige Ernte) getroffen wurden, so konnte wahrscheinlich diese Transportform des Eiweißes nicht mehr zum Eiweiß zurück verwandelt werden, und die Amide blieben in viel größeren Mengen da, als in den großen völlig reifen Körnern.

Als Nahrung für den tierischen Organismus können die Amide, obzwar sie vollständig und leicht verdaulich sind, doch keineswegs zum Ersatz der Eiweißkörper dienen, wohl aber bei Herbivoren eine gewisse eiweißsparende Wirkung ausüben, die etwa derjenigen der Kohlenhydrate gleichkommt;[1]) dagegen verursachten sie bei Carnivoren sogar eine gesteigerte Eiweißzersetzung[2]) wahrscheinlich durch ihre speziell bei den Genannten zu starke Reizwirkung[3]). Wie sich die Stoffe bei den Menschen verhalten ist noch in Frage gestellt. — Die unorganischen Stickstoffsalze haben keinen Wert[4]) für die tierische Ernährung.

Aus all diesem geht hervor, daß wir wohl genötigt sind, die Gruppe der Amide von dem wirklichen Eiweiß zu trennen. Der Gehalt an Nichteiweiß ergibt sich direkt aus der Differenz des Rohproteins und des Reineiweißes. Bei meinem Roggen sind es folgende Zahlen:

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschn. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qu. | .1371 | .1587 | **9,14** | **100** | .3257 | .3780 | **19,42** | **112,1** | .1027 | .1193 | **6,42** | **100** | .1885 | **100** |
| II. Qu. | .2022 | .2302 | **13,11** | **147,2** | .2905 | .3331 | **16,87** | **100** | .1419 | .1645 | **8,74** | **138,2** | .2115 | **112,2** |

Im allgemeinen haben also die kleinen Körner mehr Nichteiweiß, wie es sich auch im Durchschnittswerte zeigt. Daß dieses aber keineswegs gesetzmäßig zutrifft, zeigt bei Bestehorn's Roggen die II. Qualität, welche bei einem außerordentlich hohen Nichteiweißgehalte des Bestehorn'schen Roggens überhaupt, doch 12,1 % Amide weniger enthält, als die bessere Qualität, trotzdem der Unterschied in der Korngröße gerade bei dieser Roggenart am größten ist. Hingegen ist der Unterschied im Nichteiweißgehalte beim Zeeländer Roggen, welcher inbezug auf die Verschiedenheit in der Korngröße nur in der Mitte zwischen den beiden anderen Roggenarten steht, am größten.

Es scheint danach, daß andere Faktoren als die Korngröße rücksichtlich des Nichteiweißgehaltes ausschlaggebend sind.

---

[1]) Tryniezewski, H. XIV. Jul. Kühn, Berichte d. l. J., p. 109.

[2]) Nach den Untersuchungen am Hunde von Munk, die mir nur aus der Arbeit von Tryniezewski (p. 112) und derjenigen von Fischer (p. 89, Heft X.) bekannt sind.

[3]) Auf welche auch Jul. Kühn aufmerksam macht, Zweckm. Ern. p. 199.

[4]) Zweckm. Ern. p. 199, daselbst.

Ebenso läßt sich kein Zusammenhang zwischen dem Rohprotein und dem Nichtprotein der großen und kleinen Körner herausfinden; im großen Korne wechselt der Nichteiweißgehalt zwischen 6,42—19,42 % des Rohproteins, bei dem kleinen zwischen 8,74—16,87%.

Der weitere Punkt, mit dem wir uns beschäftigen wollen, ist die Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Stoffe unseres Roggenkornes. Man betrachtete früher die stickstoffhaltigen Bestandteile der Samen als vollständig verdaulich; es entzieht sich aber doch ein Teil des Rohproteins, welcher namentlich in der Schale enthalten ist, mehr oder weniger vollständig der Einwirkung der tierischen Verdauungsflüssigkeiten. Diese unverdaulichen, d. h. mit Ausnahme von verdünntem Alkali in allen Lösungsmitteln unlöslichen Teile des Rohproteins heißen Nukleine und sind phosphorhaltige Eiweißkörper, die hauptsächlich als Bestandteile der Zellkerne, da sie zur Zusammensetzung derselben notwendig sind, die übrigen Proteide begleitend, in allen Geweben, Zellen und Organen vorhanden sein müssen. Daher ist es notwendig, den unverdaulichen Teil des Stickstoffes von dem Gesamtstickstoffgehalt abzuscheiden, was mit Hilfe der künstlichen Verdauung geschieht.

Nach der üblichen Methode nach Stutzer-G. Kühn-Sjolemma, war die Ausführung dieser Nukleinbestimmung etwa folgende: Fein geschrotener Roggen wurde mit reinem Pepsin (auf 2 g Subst. 1 g) unter Zusatz von 430 cc Wasser mit 16 cc 10% Salzsäure bei Körpertemperatur (also zwischen 35 –40 ° C.) behandelt. Nach bestimmten Zeitabschnitten (und zwar 16, 24, 40 Stunden) wird die Salzsäure mit je 11 ccm derselben erneuert; der nukleinhaltige Rest wird zuletzt auf einem stickstofffreien Filter gesammelt und zum Zweck der Stickstoffbestimmung nach Kjeldal verbrannt. Es zeigte sich dabei folgende Verdaulichkeit des Rohproteins:

| | Zeeländer Roggen | | | | | Bestehorn's Roggen | | | | | Kornhaus-Roggen | | | | | Durchsch |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nuklein | | Verd. Eiweiß | | | Nuklein | | Verd. Eiweiß | | | Nuklein | | Verd. Eiweiß | | | Verd. Ei |
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Substanz | Verd. Koeffz. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Substanz | Verd. Koeffz. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Substanz | Verd. Koeffz. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Substanz |
| . Qual. | .2660 | **100** | 1,2331 | **82,26** | **101,1** | .1984 | **100** | 1,4783 | **88,17** | **100,7** | .1842 | **100** | 1,4134 | **88,47** | **100** | 1,3416 |
| . Qual. | .3220 | **121,0** | 1,2202 | **79,16** | **100** | .2550 | **128,8** | 1,4666 | **84,80** | **100** | .2051 | **111,4** | 1,4175 | **87,36** | **100,2** | 1,3344 |

Es zeigt sich hier, daß in zwei Fällen von den stickstoffhaltigen Bestandteilen des kleineren Roggenkornes doch etwas weniger als bei den großen, verdaut wurde. Da der Gesamtstickstoffgehalt der kleinen Körner deutlich höher war, kommt dieses Minus im Verdauungskoeffizienten deutlicher zum Ausdruck. Im allgemeinen ist aber diese Differenz, absolut genommen, sehr gering, beim Kornhausroggen wurde sogar etwas mehr von den kleinen Körnern verdaut, so daß man wohl wird sagen können, daß von den kleinen und großen Körnern absolut genommen etwa gleiche Mengen des Stickstoffes verdaulich sind.[1]) Ich muß aber noch auf einen Punkt hinsichtlich der Verdaulichkeit des Rohproteins aufmerksam machen, den ich

[1]) Siehe Müller in der Einleitung.

schon bei der Besprechung der Rohfaser erwähnt habe, daß nämlich nicht nur der Rohfaser-Gehalt, sondern auch der Schalenanteil[1]) einen Einfluß auf die Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Substanz ausübt, und zwar, daß der Verdauungskoeffizient um so niedriger innerhalb einer gewissen Grenze sein wird, je höher der Rohfasergehalt ist.[2]) Dann müßte aber beim Zeeländer Roggen I. Qual., wo der Rohfasergehalt so außerordentlich hoch ist, auch die Verdaulichkeit entsprechend kleiner sein; es zeigt sich aber, daß dies nicht der Fall ist, da hier wahrscheinlich mehr der Schalenanteil ausschlaggebend ist. Beide anderen Fälle bestätigen die Regel.

Und noch auf einen Punkt in Betreff der Einwirkung der Korngröße auf den Nukleingehalt muß ich aufmerksam machen. Bei meinen Körnern zeigt es sich, daß je größer der Unterschied in der Korngröße der beiden Sorten derselben Art, desto größer auch der Unterschied im Nukleingehalt ist, und zwar verhält sich die Korngröße:

bei Bestehorns R. 100 : 256,0,
„ Zeeländer R. 100 : 200,5,
„ Kornhaus R. 100 : 162,0,

der Nukleingehalt verhält sich (kleinere Körner zu größeren):

bei Bestehorns R. 128,8 : 100,
„ Zeeländer R. 121,0 : 100,
„ Kornhaus R. 111,4 : 100.

Daraus läßt sich folgern, je kleiner die Roggenkörner sind, desto mehr Nuklein enthalten sie; man darf allerdings nicht vergessen, daß diese Regel nur den Nukleingehalt betrifft, keineswegs aber auch von verdaulichem Eiweiß gilt.

Wenn man die durch künstliche Verdauung gewonnenen Koeffizienten des Rohproteins mit denjenigen, die durch Versuche an Tieren gewonnen wurden, vergleicht, erscheinen die ersteren immer etwas höher. Der Tierversuch gibt die Verdaulichkeit niedriger an, als sie wirklich ist, da im Kote gewisse stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte (Epithelteilchen des Darmes, Gallenbestandteile etc.) zur Abscheidung kommen, welche den ausgeschiedenen Stickstoff vermehren. Man kann aber die künstliche Verdauung mit der natürlichen dadurch in Einklang bringen, wenn man die Beobachtung nicht außer Acht läßt, daß diese Stoffwechselprodukte in proportionalen Mengen zu der verdauten Trockensubstanz zur Ausscheidung gelangen. Nach Kellner[3]) kommen auf 100 Teile verdauter Trockensubstanz 0,4 Teile Stickstoff-Mehrausscheidung. Da sich aber vielleicht diese Ausscheidung beim Menschen ganz anders verhält als beim Tiere und andererseits bis jetzt gar keine Verdauungsversuche mit Roggenkörnern angestellt wurden,[4]) so will ich diese Korrektur überhaupt unberücksichtigt lassen.

---

[1]) Jul. Kühn l. c. p. 150.

[2]) p. 151 daselbst.

[3]) Biedermann Centralblatt, 1880 p. 763, schwankt zwischen 0,3—0,5 Teilen, doch soll diese Annahme nach Pfeiffer nicht ganz richtig sein (daselbst 1890 p. 424).

[4]) Jul. Kühn l. c. p. 220.

Aber mit der Bestimmung des Verdaulichkeitskoeffizienten ist die Menge des wirklichen, verdaulichen Proteins noch nicht sichergestellt; denn diejenigen Bestandteile des Rohproteins, welche nicht eiweißartiger Natur sind, sind auch leicht verdaulich, da sie im Wasser lösliche und diffusible Körper bilden; sie können aber das Protein nicht ersetzen. Man muß daher den Nichteiweißgehalt vom verdaulichen Eiweiß abziehen, wenn man den Gehalt an wirklichem, verdaulichem Protein bekommen will.

Gehalt des Roggenkornes an wirkl. verdaul. Protein-Stickstoff.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschn. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. Rohprot. | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qual. | 1,0960 | 1,2690 | **73,12** | **107,6** | 1,1526 | 1,3775 | **68,75** | 100 | 1,3107 | 1,5248 | **82,05** | **102,7** | 1,1864 | **102** |
| II. Qual. | 1,0180 | 1,1589 | **66,01** | 100 | 1,1761 | 1,3495 | **67,93** | **102,0** | 1,2756 | 1,4797 | **78,62** | 100 | 1,1566 | **100** |

Es zeigt sich wieder im allgemeinen, daß die großen Körner, einen etwas höheren Gehalt an wirklichem, verdaulichem Protein zeigen; daß es aber keine Regel ist, beweist Bestehorn's Roggen; gerade diese kleineren unausgebildeten Körner, deren Unterschied in der Korngröße am größten ist, besitzen einen höheren Gehalt an wirklichem verdaulichen Stickstoff als die großen derselben Varietät. Eine Erklärung dieser Erscheinung ist schwierig. Diese Körner wurden bestimmt im jüngsten Stadium ihrer Entwickelung unter allen unseren minderen Qualitäten geerntet. Vielleicht dürfen wir dieses außerordentlich junge Stadium bei der Beendigung der Entwickelung als Ursache annehmen; denn es ist bekannt, daß je jünger die Futterpflanzen gemäht[1]) werden, desto größer ist die Verdaulichkeit ihres Proteins.

Es wäre also durchaus falsch zu behaupten, daß die kleinen Körner immer weniger von dem wertvollen Protein enthalten müßten; sie können in dieser Beziehung sogar die großen Körner übertreffen. Daß dies wirklich verdauliche Protein kein einheitlicher Körper ist, sondern aus einer ganzen Reihe untereinander verschiedener Proteide besteht, habe ich schon oben erwähnt. Sie zeigen aber alle trotzdem in Betreff der tierischen und menschlichen Ernährung einen gleichen Wert als plastische Nährstoffe und sind daher bei der Beurteilung des Nährwertes unseres Roggenkornes voll und ohne Abzug in Ansatz zu bringen.

[1]) Jul. Kühn, Z. Ern. p. 145, und Märcker, praktischer Teil der Vorlesungen, p. 57.

## II. Kapitel.

### III. Teil. Stickstofffreie Extraktstoffe des Roggenkornes.

Nun kommen wir zu der zweitwichtigsten Stoffgruppe, welche Henneberg stickstofffreie Extraktstoffe benannt hat, deren Hauptbestandteil die Kohlenhydrate bilden, die unter diesem Namen mit einer ganzen Anzahl anderer minder wichtiger stickstofffreier Stoffe, wie Pflanzensäuren, Pektinkörpern, Farb und Gerbstoffen, zusammengefaßt werden. Die stickstofffreien Extraktstoffe sind die Gesamtmenge der stickstofffreien Stoffe, die durch verdünnte Säuren und Alkalien aus den Pflanzenteilen bei der Rohfaserbestimmung extrahierbar sind, ohne das Fett, die nur auf dem unsicheren Wege der Differenz berechnet werden, sodaß sich in dieser Zahl alle Analysenfehler summieren. Man kann von vornherein meinen, daß der geringere Roggen weniger an stickstofffreien Extraktstoffen enthalten muß, wie fast die ganze Literatur auch zeigt, und doch kommen in den beiden Qualitäten der verschiedenen Roggenarten[1]) etwa gleiche Mengen dieser Stoffe vor, da man wohl die kleinen Schwankungen (— 0,8 % und + 0,9 %) nach den beiden Richtungen nicht in Betracht ziehen darf. Auch steht die Richtung der Abweichungen in keiner Beziehung zu der Korngröße.

Die Gruppe der Kohlenhydrate ist bei den Cerealien ohne Zweifel die wichtigste der stickstofffreien Extraktstoffe. Wir finden sie in den Reservestoffbehältern der Pflanzen, je nach der Natur der letzteren, als Stärke, Rohrzucker etc., in den Zellmembranen als Cellulose, während andere Formen nur Übergangsstufen des Reservematerials sind (Dextrine), und schließlich kommen andere im Zellsaft gelöste vor, die den Neubildungen und dem Transporte dienen (Monosaccharide).

Trotzdem im tierischen Organismus diese pflanzlichen Kohlenhydrate nur in verschwindend kleinen Mengen vorhanden sind, so fällt diesen die Aufgabe zu, sich an dem Aufbau des Tierkörpers in hervorragender Weise zu beteiligen. Im übrigen liefern diese von den Tieren in größerer Menge als andere Nährstoffe aufgenommenen Substanzen den größten Teil des zur Erhaltung der tierischen Wärme erforderlichen Brennmaterials (drei Viertel bis vier Fünftel der Nahrung); bezüglich des Brenneffektes haben alle leicht löslichen Kohlenhydrate annähernd gleichen Wert. In dieser Hinsicht wirken sie eiweißsparend, schützen das Fett des Futters vor Zersetzung und können sogar allein als Quelle zur Fettbildung dienen.[2])

Es scheint daher rätlich, die Gesamtmenge der leichter, d. h. durch verdünnte Säuren löslichen Kohlenhydrate des Roggenkornes direkt zu bestimmen, da uns die Gruppe der stickstofffreien Extraktstoffe einen ungenügenden Aufschluß darüber gibt. Dazu eignet sich am besten die direkte Behandlung der pflanzlichen Substanz mit verdünnter Säure.[3]) Aber bei dieser Behandlung lösen sich außer den leichter löslichen Kohlenhydraten (Stärke, Zucker) auch andere schwerer aufschließbare Bestandteile der Pflanze, und zwar ein Teil

[1]) Siehe Tabelle II.

[2]) Jul. Kühn, l. c. p. 107, und Pott, Futterm. p. 32.

[3]) Sogenannte Dextrosenwertbestimmung.

der Zellmembranen, also ein Teil der Cellulose selbst.[1]) Wenn man nun die Menge dieser leichter löslichen Kohlenhydrate[2]) kennen will, so ist eine weitere Trennung dieser Stoffe notwendig, bei welcher nur diese letzteren bestimmt werden. Dazu eignet sich am besten die Behandlung der Substanz entweder mit Diastase oder mit Wasser unter Druck. — Bei diesen beiden Verfahren lösen sich aber auch die schon im kalten Wasser löslichen Kohlenhydrate[3]), die untereinander wieder verschiedener Natur sind, und die man von dem letzteren Wert abziehen muß, wenn man den Gehalt an wahrer Stärke erfahren will.

Es ist dies wohl nur eine oberflächliche Gruppierung dieser wichtigen Stoffe, keine genauere Unterscheidung der einzelnen Substanzen, aber man wird sich mit einer solchen summarischen Bestimmung der einzelnen größeren Gruppen begnügen müssen, da sie uns einerseits einen genügenden Aufschluß über die abnehmende Löslichkeit der Kohlenhydrate gibt, und andererseits in unserem Falle weniger eine genaue Bestimmung der absoluten Mengen dieser Stoffe in Betracht kommt, da es sich vielmehr lediglich darum handelt, nur das Verhältnis der einzelnen dieser Gruppen in den beiden Sorten derselben Roggenart festzustellen.

Zuerst wollen wir uns mit der gesamten Menge der durch verdünnte Säuren leicht löslichen Kohlenhydrate d. h. mit der sogenannten Dextrosen-Wertbestimmung nach Sachse[4]) beschäftigen.

Da bei dieser Bestimmung die Konzentration der Säure ungefähr die gleiche wie diejenige der Schwefelsäure bei der Rohfaserbestimmung ist, kann man wohl annehmen, daß bei dieser Behandlung etwa gleiche Mengen der leichter aufschließbaren Bestandteile der Zellmembranen[5]) gelöst werden. Alle gelösten Kohlenhydrate, von den nur ziemlich schwer aufschließbaren Polisacchariden bis zu den Disacchariden, werden durch die heiße Säure hydrolysiert und dann als Glucosen bestimmt.

Wir werden also in dem Dextrosewerte etwa die gesamte Menge in den stickstofffreien Extraktstoffen enthaltenen Kohlenhydrate bestimmen, wenn die obere Annahme richtig ist.

Die Ausführung dieser Bestimmung geschah nach der Vorschrift von Sachse etwa folgendermaßen:

Die Substanz (3 g)[6]) wird mit 200 cc Wasser unter Zusatz von 20 cc (25 %) HCl 3 Stunden in einem Erlenmeyerschen Kolben mit aufgesetztem Rückflußkühler auf dem Wasserbade digeriert; nachher wird die Zuckerlösung abfiltriert, rasch abgekühlt, und die Säure mit Natronhydrat bis zur ganz schwach sauren Reaktion abgestumpft. Nach vollständigem Er-

[1]) Siehe weiter unten.

[2]) Stärkewert.

[3]) Dextrin und Zucker.

[4]) Chem. Zentralbl. 1877 p. 732.

[5]) Es ist selbstverständlich, daß die leicht löslichen Kohlenhydrate in beiden Fällen mit gelöst werden.

[6]) Fast zu allen diesen Bestimmungen wurde die Substanz mit der (König l. c. p. 236) Dreef'schen Mühle sehr fein gemahlen.

falten wird auf ein bestimmtes Volumen[1]) aufgefüllt und ein Aliquot davon (25 cc) zur Glukosenbestimmung nach Meisel und Allihn[2]) verwendet.

Zu dieser Bestimmung[3]) nimmt man 25 cc der Zuckerlösung, die man zu der kochenden Fehling'schen Lösung vorsichtig hinzufügt[4]), und erhält die ganze Mischung genau 2 Minuten im Kochen.

Diese Vorschrift muß man genau einhalten, da der Überschuß der Fehling'schen Lösung, ihre Verdünnung und die Dauer des Kochens auf die Mengen des reduzierten Kupfers einen großen Einfluß ausüben; nur dann, wenn man immer unter denselben Umständen arbeitet, wird eine genaue quantitative Bestimmung ermöglicht[5]).

Die Menge des abgeschiedenen ($Cu_2O$) Kupferoxyduls wird durch ein Soxhlet'sches Filterglöschen mit Asbestpfropfen[6]) rasch abfiltriert, welches zuvor geglüht und gewogen wurde. Der mit Alkohol und Äther ausgewaschene, rote Niederschlag wird nun getrocknet, dann unter Luftzutritt geglüht und schließlich durch Erhitzen im Wasserstoffstrom zu metallischem Kupfer reduziert, und als solches gewogen. Aus dieser gefundenen Kupfermenge wird nun der Dextrosengehalt in der Tabelle von Meisel—Allihn[7]) direkt abgelesen. Diese Resultate habe ich nun (durch Multiplikation mit 0,9) umgerechnet, da alle diese Kohlenhydrate mit Ausnahme der Mono- und Disaccharide die Stärkeformel ($C_6H_{10}O_5$) besitzen. Es schließt diese Art der Umrechnung einen gewissen Fehler ein, nämlich den, daß auch solche Zuckerarten mit umgerechnet werden, die eine andere Formel besitzen. Aber dieser Fehler dürfte nur gering sein, weil dieselben nur einen sehr geringen Teil dieser Kohlenhydratmengen einnehmen, gegenüber dem Vorteil der leichteren Vergleichung dieser Resultate in der Form, in welcher sie Folgendes ergeben:

Dextrosenwert als Stärke gerechnet.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| 1 Qual. | 68,83 | 79,70 | **98,31** | **100** | 66,93 | 77,69 | **96,34** | **100** | 64,53 | 75,04 | **93,09** | **100** | 66,76 | **100** |
| 1 Qual. | 68,83 | 78,34 | **95,290** | **100** | 68,175 | 78,20 | **99,01** | **101,9** | 68,88 | 77,55 | **96,48** | **104,8** | 68,62 | **102,23** |

[1]) Gewöhnlich 500 cc.

[2]) König l. c. p 213.

[3]) Nach dieser Methode von Meisel und Allihn wurden alle Kohlenhydratebestimmungen in dieser Arbeit überhaupt gemacht.

[4]) Man nimmt dazu 30 cc von jeder Lösung und verdünnt diese mit 60 cc dest. Wasser. Über Herstellung der Fehling'schen Lösung, siehe König l. c. 1 p. 727.

[5]) Siehe Tollens kurz. Handb. d. Krtlch. p. 79.

[6]) Diese Pfropfen werden aus gut geglühtem Asbest hergestellt, ein Untersatz von Glaswolle ist weniger geeignet, da die Gläschen dann sehr leicht springen. Auch wurde die von Märcker erwähnte Abnahme an Gewicht des Gläschens nach jeder Bestimmung beobachtet. (Siehe Handb. der Spiritusfabrikation p. 93 in 6. Aufl.)

[7]) König l. c. p. 746 Tab. III.

Wir sehen, daß die durch verdünnte Salzsäure gelöste Menge der Kohlenhydrate bei den kleinen Körnern durchaus nicht geringer ist, sondern im ungünstigsten Falle gleich, sonst aber immer etwas höher ist, sodaß im Durchschnitt 2,23% zu Gunsten der kleinen Körner herauskommen. Aus dem Verhältnis dieser Zahlen zu denjenigen der stickstofffreien Extrakt-Stoffe läßt sich kein bestimmter Schluß ziehen. Der Dextrosenwert zeigt überall ein kleines Minus, welches einerseits auf die Stoffe, die nicht verzuckerbar sind und anderseits auf den oben berücksichtigten Fehler der Umrechnung zurückzuführen ist.

Daß auch bei dieser Bestimmung einige schwerlösliche Bestandteile der Zellenmembranen aufgeschlossen werden, habe ich schon oben erwähnt. Delbrück[1]) fand, daß durch eine direkte Inversion mit Säure beim Roggen 7,65% mehr gelöst werden, als das Stärkemehl ausmacht, da auch andere nicht stärkeartige Substanzen aufgeschlossen werden. Es ist dieses wahrscheinlich die Hemicellulose von Schulze[2]), die auch in verdünnten Alkalien nach Hoffmeister löslich ist.[3]) Sie besteht aus den Polyanhydriden der Hexosen und Pentosen; diese Hexosen lösen sich durch Behandeln mit verdünnter Säure vollständig[4]) und geben bei der Verzuckerung Dextrose und Galaktose. Die Pentosane lösen sich dagegen bei der Rohfaser- und Dextrosenwertbestimmung nicht vollständig, sondern nur zum größten Teile; wie groß dieser Teil ist, habe ich schon bei der Rohfaser erwähnt.[5])

Es ist nun durchaus notwendig, diese schwerlöslichen, aber durch heiße, verdünnte Säuren aufschließbaren Kohlenhydrate bei der Bestimmung auszuschalten, wenn wir den richtigen Gehalt an den nur leicht löslichen Kohlenhydraten[6]) bestimmen wollen. Dazu haben wir zweierlei Methoden, die in beiden Fällen etwa die Kohlenhydrate bis zur Stärke (inkl.) aufschließen, und zwar das Behandeln der Substanz mit Diastase und das Druckverfahren. Die gelösten, stärkeartigen Kohlenhydrate werden, wie oben angeführt wurde, zuerst verzuckert, erst dann als Dextrosen bestimmt und die Kupfermenge auf Stärke umgerechnet; es ist dies also nur eine Stärkewertsbestimmung.[7])

---

[1]) Märcker, l. c. p. 102.

[2]) Landw. Vers. Stat. 1889 Bd. 36 p. 9.

[3]) Landw. Vers. Stat. Bd. 48 p. 401. Schulzes Hemicellulosen sind die ohne weiteres in Na OH lösliche celluloseartigen Kohlenhydrate der Zellmembranen.

[4]) Sodaß von den Hexosanen nur die wahre und durch konzentrierte Säuren lösliche Cellulose übrig bleibt.

[5]) König, Notwendigkeit der Umgestaltung ꝛc. Landw. Vers. St. Bd. 48.

[6]) Etwa von der Löslichkeit der Stärke. Man darf die scharfe Unterscheidung des Begriffes Stärke als Bestandteil der Pflanze und bei der Analyse nie vergessen; dasselbe gilt von den beiden Stärkebestimmungsmethoden; denn es werden außer der richtigen Stärke auch kleine Mengen anderer Kohlenhydrate, namentlich der Pentosane, mitgelöst und diese wechseln je nach der Methode. Eine exakte Trennung der Stärke von den anderen, schwerer löslichen Kohlenhydraten ist um so schwerer, als ja die Stärke (wie sie in den Stärkekörnen vorkommt) selbst kein einheitlicher Körper ist, denn sie enthält auch eine Art Cellulose (Stärkecellulose) (siehe Jul. Kühn p. 59 l. c, und Harz l. c. p. 428.)

[7]) Siehe Baumert und Bode, Zeitschrift f. ang. Chemie. 1900, Heft 43.

Zuerst habe ich zu dieser Bestimmung die Methode von Märker und Morgen[1]) unter Anwendung von verschiedenen Diastasearten[2]) versucht, konnte aber damit zu keinen brauchbaren Resultaten kommen.[3])

Daher beschränkte ich mich auf das Druckverfahren nach folgender Ausführung[4]): Die Substanz (1—2 g) wird mit etwa 50 ccm Wasser in kleinen zugedeckten Porzellantöpfchen im Soxhlet'schen Autoklaven 4 Stunden gedämpft, weil nach nur 3stündigem Dämpfen kleine Stärkekornreste (bei Roggen) durch Jodreaktion unter dem Mikroskop in dem gut ausgewaschenen Rückstande nachweisbar waren. — Dann wird der ganze Inhalt des Töpfchens in einen 250 ccm Kolben quantitativ gefüllt und nochmals aufgekocht. Nach dem Abkühlen wird bis zur Marke aufgefüllt und ein aliquoter Teil dieser Stärkelösung (gewöhnlich 200 ccm) nun zu einer 3stündigen Verzuckerung mit (20 ccm) H Cl. genommen, worauf in dieser invertierten Lösung die Dextrose nach Meisel-Allihn bestimmt wurde. Man kann die Stärkewertmenge, auf die Formel der Stärke schon umgerechnet, aus der gefundenen Kupfermenge nach der E. Wein'schen Tabelle[5]) direkt ablesen.

Das ganze Verfahren beruht auf der Eigenschaft des Stärkemehles, bei der höheren Temperatur von 120—130° C. eine im Wasser lösliche Modifikation zu bilden, welche auch nachher wasserlöslich bleibt. Es sollen sich jedoch nicht alle Stärkearten zur Herstellung dieser wasserlöslichen Modifikation in gleicher Weise eignen.[6])

Die analytischen Schwankungen sind bei dieser Bestimmung allerdings ziemlich groß;[7]) man kann sie aber nicht vermeiden, da nur ein ganz geringer Teil der zu der Analyse genommenen Substanz (1—2 g) zu der Zuckerbestimmung selbst genommen wird. Die Stärkewerte als Resultate meiner Analysen sind nun folgende:

Stärkewert des Roggenkornes.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Dual. | 59,53 | 68,93 | **85,03** | **106,0** | 58,23 | 67,59 | **83,82** | **100** | 56,81 | 66,06 | **81,95** | **100** | 58,18 | **100** |
| II. Dual. | 56,15 | 63,93 | **77,74** | **100** | 60,87 | 69,82 | **88,41** | **104,5** | 58,08 | 67,35 | **83,75** | **102,2** | 58,37 | **100,3** |

[1]) Märcker, Handb. d. Spiritusfabr., l. c. p. 107, König, l. c. p. 221.

[2]) Und zwar selbst erzeugter Auszug aus gekeimter Gerste, und Merk's rein dargestellter käuflicher Diastase.

[3]) Es kommt bei dieser Anwendung der Diastase noch eine weitere Komplikation der Bestimmung hinzu; da dieselbe selbst zuckerhaltig ist, muß man die darin enthaltene Zuckermenge für sich bestimmen und nachher von dem Stärkewerte abziehen.

[4]) Etwas modifizierendes Verfahren, das König l. c. p. 221 anführt.

[5]) König p. 750. Tab. VI l. c.

[6]) Am leichtesten geht diese Veränderung bei der Kartoffelstärke vor sich (Harz l. c. p. 429), am schwersten wahrscheinlich beim Roggen, was auch aus der verhältnismäßig höchsten Verkleisterungstemperatur (80° C.) (Märcker H. p. 10) hervorgeht (auch J. Kühn p. 54).

[7]) Als zulässige Grenze wurde 0,5 % erachtet.

Man kann danach nun zu dem Schlusse kommen, daß sich die kleinen und großen Körner derselben Art in der Gesamtmenge der leicht löslichen Kohlenhydrate sehr verschiedenartig verhalten. Man kann aber durchaus nicht sagen, daß die kleinen Körner davon weniger enthalten als die großen.

Allerdings können Fälle vorkommen, wo der Stärkewert dieser letzteren ein beträchtlich höherer ist (6% bei Zeeländer Roggen), aber dafür enthielten die kleineren Körner der beiden andern Roggenarten eine etwas höhere Menge der leicht löslichen Kohlenhydrate (Stärkemehl), sodaß im allgemeinen etwa gleiche Mengen (0,3%) bei allen 3 geprüften Roggenarten resultieren.

Ein interessantes Resultat ergibt sich aus der Vergleichung des Dextrosen- und des Stärkewertes; denn man bekommt als Differenz beider gerade diejenigen Kohlenhydrate, welche zwar schwerer löslich als das Stärkemehl selbst sind, die aber doch durch verdünnte Säuren aufschließbar sind, und die, nach der beim Dextrosenwert gemachten Annahme, doch den stickstofffreien Extraktstoffen angehören; man könnte diese Kohlenhydrate, welche bei der Rohfaserbestimmung in die Lösung gehen, auch Hemicellulose nennen, wie ich schon oben erwähnt habe. Diese Differenzen sind folgende:

| | Zeeländer Roggen | Bestehorn's Roggen | Kornhaus-Roggen | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Mittel | Verh. Z. |
| I. Qualität . . | 9,30 | 8,70 | 7,72 | 8,57 | **100** |
| II. Qualität . . | 12,68 | 7,30 | 10,80 | 10,29 | **120,1** |

Also in zwei Fällen ist diese Differenz größer beim geringeren Roggen, was sich auch im Durchschnitt zeigt (hier sogar um 20%).

Es besitzen danach die kleinen Körner mehr von diesen schwerlöslichen Kohlenhydraten. Erklärlich ist dies nur dadurch, daß bei den kleinen Körnern der Anteil der Zellwände ein viel größerer ist, als bei den großen Körnern.

So fand z. B. Arendt[1]) bei der Haferpflanze, daß während ihres Schossens die Trockensubstanz vorwiegend aus Cellulose[2]) besteht, während später durch vorherrschende Stärkebildung dieses Verhältnis auf ein Viertel verschoben wurde. Es spricht diese Tatsache zum Nachteil der jungen und kleinen Körner; aber dafür sind die Bestandteile der Zellwände bedeutend leichter löslich und aufschließbar, als die festen Zellwände und Schalenteile der großen Körner, wie eben aus dieser Differenz (20%) hervorgeht.

Man könnte sich die Frage vorlegen: Wie kommt es, daß eben die kleinsten und jüngsten Körner der II. Qualität Bestehorn's Roggen doch etwas weniger von der leicht löslichen Hemicellulose enthalten? Bei ihnen müßte nach der jetzt angeführten Annahme ein noch größerer Teil desselben leicht löslich sein, als bei den beiden anderen geringen Sorten.

[1]) A. Meyer, Agrikulturchemie, 5. Aufl. p. 134.

[2]) Allerdings wird hier darunter nur die Rohfaser gemeint, so daß dieses Beispiel für meine Vergleichung nicht besonders passend ist.

Daß dies zutrifft, geht aus dem außerordentlichen Gehalt an Stärke[1]) bei diesen Körnern hervor; dieser ist bei der II. Qualität Bestehorn's Roggen noch um 0,6 % höher als bei den großen Körnern derselben Art. Daß diese Körner tatsächlich von der wahren Stärke mehr besäßen, ist überhaupt nicht denkbar; das läßt sich auch aus dem diesbezüglichen Vergleich der Arten des Roggens ganz sicher folgern. Und woher kommt also dieser höhere Gehalt? Ich habe beim Anfange der Besprechung dieser Methoden erwähnt, daß, wie König nachgewiesen hat, auch beim Dämpfen ein kleiner Teil der Hemicellulosen (Pentosane) gelöst wird, und dieser sonst kleine Teil ist in unserem Falle außerordentlich groß, da hier die Zellwände auch am jüngsten sind. Daher suchen wir diesen großen Anteil der leicht löslichen Hemicellulosen vergeblich in unserer Differenz. Diese Stoffe sind wegen des so außerordentlich jungen Zustandes der Körner so leicht aufschließbar, daß sie sich schon zum größten Teile beim Dämpfen lösen, und daher nicht unter der wirklichen Hemicellulose, sondern schon zum großen Teile in dem Stärkewerte zu suchen sind.

Für uns ist es nun aber viel wichtiger, den Gehalt an wirklicher Stärke festzustellen, statt den sogenannten Stärkewert zu ermitteln, da der Mehlgehalt direkt von dem Gehalt an Stärke abhängig ist. Das Stärkemehl ist ein in kaltem Wasser vollständig unlöslicher Körper. Bei unseren beiden Verfahren[2]) haben wir immer die gesamte Menge der gelösten Kohlenhydrate bestimmt, aber auch die schon in kaltem Wasser löslichen. Wollen wir nur den Gehalt an wirklicher Stärke erfahren, so müssen wir die Substanz entweder vor der durch Druck erfolgten Auflösung der Stärke mit Wasser ausziehen, oder einen wässerigen Auszug aus unserer Substanz für sich herstellen, die Kohlenhydrate darin bestimmen, und die so gefundene Menge von diesem Stärkewerte abziehen[3]). Da für uns die weitere Trennung dieser Kohlenhydrate in Betracht kommt, befolgten wir diesen letzteren Weg.

Zur Herstellung des Wasserauszuges habe ich beim Zeeländer Roggen diese Stoffe durch kontinuierliches (etwa 8—10faches) Auswaschen mit kaltem Wasser (je 200 cc) gewonnen[4]); da aber diese Methode außerordentlich viel Zeit in Anspruch nimmt wobei namentlich das Filtrieren der Lösung sehr umständlich[5]) ist, habe ich für die später ausgeführten Bestimmungen eine Behandlung des Roggens und Mehles im Kolben bevorzugt[6]): 10—20 g Substanz wurden in einem Halbliterkolben mit etwa 400 cc Wasser gut geschüttelt; nach dem Auffüllen ließ man den Rest gut absetzen (wegen der suspendierten Stärke). Die klare, opalisierende Lösung wurde abfiltriert, und Aliquote davon unter Vernachlässigen des Volumens des Rückstandes zu den einzelnen Bestimmungen genommen.

---

[1]) Zu der wir weiter unten kommen werden.

[2]) Dextrosewert und dem Stärkewert.

[3]) Bujard und Bayer, Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker, Berlin 1894, p. 71.

[4]) Nach König l. c. p. 208.

[5]) Wegen der aufgeschwemmten Stärke.

[6]) Vereinbarungen, Heft II, 1897 p. 6, und König l. c. p. 208.

Es wird von gewissem Interesse sein, wenn ich angebe, daß beim Zeeländer Roggen die gesamte Menge der wasserlöslichen Substanz, bei der I. Qual. — 12,02 %, bei der II. Qual. — 15,10 % betrug[1]).

Zuerst wurde in 25 cc der Lösung das direkte Reduktionsvermögen dieses Auszuges als Glukose nach Meisel-Allihn wie oben bestimmt. Daß im wässerigen Auszuge einige, die Fehling'sche Lösung direkt reduzierende Zuckerarten enthalten sind, ließ sich von vornherein behaupten, da die direkt reduzierenden Zuckerarten, wie Tollens[2]) und andere berichten, im Pflanzenreiche außerordentlich verbreitet sind, und in vielen Fällen die Dextrose vorhanden ist. Sie ist eben die wichtigste von allen Glukosen, kommt jedoch selten oder nie allein vor, sondern ist stets von anderen Kohlenhydraten und speziell von anderen Glukosen begleitet. Da der Roggen das Lävulin und eine nicht direkt reduzierende Zuckerart enthält, so wird unter diesen Glukosen außer der Dextrose auch Lävulose ohne Zweifel vorkommen, die häufig neben der Dextrose annähernd im Verhältnis dieser beiden im Invertzucker vorkommt. (Tollens.)

Aber die einzelnen Glukosen haben ein verschiedenes Reduktionsvermögen gegen die Fehling'sche Lösung. Man hätte vielleicht dieses vermutliche Gemenge als Invertzucker bestimmen sollen[3]); doch verfuhr ich hier und bei den folgenden Zuckerbestimmungen nach dem Beispiele von Schulze[4]), der auch diese kleine Ungenauigkeit nicht in Betracht gezogen hat. An die nähere Untersuchung dieser Glukosen ist in dieser Arbeit nicht zu denken[5]); daher muß ich mich mit dieser summarischen Bestimmung derselben begnügen.

Die Glukosen sind wegen ihrer leichten Löslichkeit und Umwandlungsfähigkeit als Reservekohlenhydrate nicht geeignet, dafür aber wohlgeeignet zum Transport und für Umwandlungen[6]); deswegen sollten die kleinen Körner glukosenreicher sein als die großen. In meinem Roggen habe ich folgende Glukosenmengen gefunden:

Gehalt an Glukosen.

| | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qualität . . | 2,190 | 2,254 | **3,152** | **100** | 2,022 | 2,351 | **2,917** | **100** | 2,106 | **100** |
| II. Qualität . . | 3,059 | 3,508 | **4,442** | **139,7** | 2,454 | 2,845 | **3.540** | **121.4** | 2,756 | **130,9** |

[1]) Ein Aliquot wurde auf einer Platinschale eingedampft, dann bis zum konstanten Gewicht getrocknet und gewogen.

[2]) Tollens, l. c. p. 32.

[3]) Nach König, l. c. p. 214, und nach den Vereinbarungen, Heft II p. 16, soll man diesen Zucker als Maltose nach E. Wein bestimmen.

[4]) Schulze und Steiger (L. Vers. St. Bd. 36 p. 437). Er meint: Wenn auch sogar außer dem Invertzucker auch Galaktan vorkommt, so kann man den dadurch entstandenen Fehler ruhig vernachlässigen, da diese Verschiedenheiten im Reduktionsvermögen keine so großen sind.

[5]) Mit Sicherheit wären die einzelnen Zuckerarten erst dann nachgewiesen, wenn sie in Substanz abgeschieden, an ihren speziellen Eigenschaften (Drehungsvermögen, Kristallform und Reduktionsvermögen) erkannt wurden.

[6]) Märcker, Vorlesungen I. Teil p. 31.

In beiden Fällen ist der Glukosengehalt der kleinen Körner viel größer (30,9 %), was man kaum als Nachteil dieser Körner betrachten kann, da sie direkt assimilierbar und daher als Nährstoffe von hohem Wert sind.

In dem anderen Teile (200—250 cc) des Wasserauszuges wurde nun die Trennung der dextrinartigen Körper und der Zuckerarten ausgeführt[1]). Vor der Fällung der Dextrine mit Alkohol muß die Lösung eingedampft werden, und da zeigte sich, daß beim Wiederauflösen des Rückstandes der abgedampften Lösung ein Teil in warmem Wasser unlöslich zurückbleibt (ganz unlöslich oder auch nur sehr schwer löslich). Es ist dies wahrscheinlich das Gummi des Roggens (oder ein Teil desselben), und vielleicht ist ein Teil des gelösten Eiweißes dabei. — Im Wasserauszug des Mehles bleibt fast gar kein Rückstand, offenbar deswegen, weil im Inneren des Endosperms nur sehr wenig[2]) von diesen gummiartigen Stoffen des Roggens enthalten ist. Daraus schließe ich, daß dieser Rückstand im wesentlichen aus Gummi besteht, sonst müßte auch in diesem Falle mehr zurückbleiben, da sich im Gehalte von wasserlöslichem Eiweiß zwischen Korn und Mehl kein so großer Unterschied zeigt. — Bibra[3]) sagt über dieses Gummi folgendes: „Dieses Roggengummi hat die Eigenschaft, obgleich er anfänglich leicht und vollkommen wasserlöslich ist, bald unlöslich zu werden; dies geschieht sowohl beim Eindampfen und wiederholten Auflösen, sowie auch nach einiger Zeit von selbst." Nach Ritthausen[4]) ist dieses wasserlösliche Gummi charakteristisch für den Roggen, da es sonst in keiner Getreideart vorkommt, und er meint, daß es wegen seiner Ähnlichkeit mit diesem Körper auch als Pflanzenschleim bezeichnet werden könnte.[5])

Zu der Trennung mit Alkohol habe ich nur die leicht löslichen Stoffe des Rückstandes genommen, da die Dextrine und die Zuckerarten sehr leicht im Wasser löslich sind. Diese Lösung wurde wieder bis auf 10—20 cc von neuem eingedampft, worauf erst die Fällung der in Alkohol-unlöslichen Kohlenhydrate erfolgte[6]), welche auf gleiche Weise mit beiden Teilen wiederholt wurde. Das Verfahren ist durchaus nicht als genau anzusehen, da einerseits etwas Dextrin mitgelöst wird, andererseits etwas Zucker im Niederschlag zurückbleibt[7]); es lieferte aber doch ziemlich übereinstimmende Resultate. In dem in Alkohol unlöslichen Teile haben wir nun die Dextrine, die mit Salzsäure invertiert und als Glukosen bestimmt wurden[8]). Die Resultate sind folgende:

---

[1]) Nach der Vorschrift von König, l. c. p. 210.

[2]) Siehe den Gehalt des Mehles und der Kleie an Pentosen; ähnlicher Meinung ist Bibra (l. c. p. 92), die Kleie soll danach 10,4 % Gummi enthalten.

[3]) l. c. p. 292 daselbst.

[4]) Die Eiweißkörper, l. c. p. 98.

[5]) Weiteres hierüber siehe bei den Pentosanen. Eine weitere Trennung dieser Gummiarten von den Dextrinen und Zuckerarten mit Bleiacetat wurde nicht ausgeführt (siehe Draggendorf, Quant. und Qual. Analyse p. 64).

[6]) Zur 10 cc Lösung wurden 100 cc von 96 % Alkohol angewandt.

[7]) König, l. c. p. 210.

[8]) Daselbst p. 215; abgelesen wurde wieder nach der Wein'schen Tabelle (daselbst Tab. VI p. 750.)

## Gehalt an Dextrinen.

| | Zeeländer Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | In Proz. d. stickstfr. Extrakt-Stoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trocken-substanz | In Proz. d. stickstfr. Extrakt-Stoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qualität . . | 2,873 | 3,327 | **4,104** | **100** | 2,005 | 2,278 | **2,892** | **100** | 2,409 | **100** |
| II. Qualität . . | 4,770 | 5,430 | **6,604** | **166,0** | 3,228 | 3,743 | **4,657** | **161,0** | 3,999 | **164,0** |

Der Gehalt des kleinen Kornes an Dextrinen ist sehr viel höher (um 64,0 %) als bei den großen, und da das Dextrin als ein Übergangsstadium von den Dextrosen zu der Stärke bei der Ablagerung der Kohlenhydrate zu betrachten ist, so kommt es in den Säften aller jungen Pflanzen, und auch in unseren kleinen Körnern im höheren Maße vor.

Nun fragt es sich aber, sind diese dextrinartigen, d. h. im Wasser löslichen, aber durch Alkohol fällbaren Körper wirklich die richtigen Dextrine oder Stärkegummi? Nach Müntz[1]) soll das Dextrin im Roggen überhaupt nicht vorkommen, was nicht leicht denkbar ist, da derselbe das gewöhnliche Stärkemehl enthält, nach demselben soll darin ein anderes im Wasser lösliches Polysaccharid vorhanden sein, das ebenfalls durch Alkohol fällbar ist, das Lävulin oder die Synanthrose[2]), welche besonders in den unreifen Körnern auftritt[3]); es hat die Zusammensetzung des Dextrins und liefert bei der Inversion ein Gemenge von Lävulose und vielleicht Dextrose.

In dem im Alkohol löslichen Teile des Wasserauszuges wurde der Gesamtzuckergehalt durch Inversion mit Salzsäure und durch die darauf folgende Reduktion der Fehling'schen Lösung festgestellt und es zeigte sich, daß dieser bedeutend höher ist, als die zuvor gefundene Glukosenmenge. Es muß hier also neben diesen Glukosen noch eine Zuckerart[4]) enthalten sein, die die alkalische Kupferlösung direkt nicht reduziert: daher wurde die Glukosenmenge von der Gesamtzuckermenge abgezogen und diese Differenz durch Multiplikation mit 0,95[5]) auf die Formel der Disaccharide umgerechnet, da dieser Zucker nur ein solches sein kann. Beim Zeeländer Roggen war dieses Resultat folgendes:

I. Qual. 4,078 % der Substanz — **5,683** % der Trocken-Substanz

II. „ 3,160 % „ „ — **4,558** % „ „ „

I. Qual. Verh. Z. **132,0** — II. Qual. Verh. Z. **100**

In den großen Körnern sind merkwürdigerweise um 32,0 % mehr davon als in den kleinen und doch sollten die kleinen Körner von den wasserlöslichen Kohlenhydraten mehr ent-

[1]) Harz l. c. p. 517.

[2]) Tollens l. c. p. 209.

[3]) Von deren Trockengewicht es am 25. Mai 45 % ausmachen sollte; doch nimmt dieser Gehalt mit fortschreitender Entwicklung ab, bis zu 1,99—5 % der reifen Körner.

[4]) Siehe Tollens l. c. p. 35.

[5]) S. König l. c. p. 215.

halten. Aber man findet es leicht erklärlich, wenn man nur bedenkt, daß die Disaccharide, namentlich der Rohrzucker, mehr ein Reservekohlenhydrat darstellen, weil sie einen bei weitem geringeren Grad der Fähigkeit, sich umzuwandeln, und der Löslichkeit im Wasser und Alkohol, als die Glukosen, besitzen. Dann ist dies wiederum nur eine Bestätigung für die Regel, daß die großen Körner ihre Reservestoffe mehr in einer Dauerform besitzen.

Was für ein Disaccharid dieser Zucker ist, ist mir nicht bekannt, aber ich halte ihn für die Saccharose, da dieselbe in manchen Leguminosensamen und auch Gramineenfrüchten[1]) nachgewiesen wurde.

In denjenigen Fällen[2]), wo die Trennung der Dextrine von den Zuckerarten nicht ausgeführt wurde, begnügte ich mich mit einer Bestimmung der gesamten, wasserlöslichen Kohlenhydrate nach der Inversion mit Salzsäure.

Erst wenn wir die gesamte, jetzt betrachtete Menge der wasserlöslichen Kohlenhydrate von dem vorhin enthaltenen Stärkewerte abziehen, bekommen wir den Gehalt an der wahren Stärke.

Sie ist einer der wichtigsten und zugleich am meisten verbreiteten stickstofffreien Körper im Pflanzenreiche und als Bestandteil unseres Roggens unbedingt von hoher Bedeutung als leicht verdauliches Kohlenhydrat für die menschliche Ernährung, da sie unter allen übrigen stickstofffreien Nährstoffen in verhältnismäßig größten Mengen als Speise aufgenommen wird. Die Resultate der Differenz sind folgende:

Gehalt des Kornes an Stärkemehl.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Mittel d. Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel d. lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qual. | 54,67 | 63,30 | **78,09** | **113,9** | 52,39 | 60,82 | **75,41** | **100** | 50,00 | 58,14 | **72,13** | **100,7** | 52,36 | **106,6** |
| II. Qual. | 47,97 | 55,88 | **66,32** | **100** | 52,74 | 60,49 | **76,59** | **100,6** | 49,65 | 57,57 | **71,62** | **100** | 49,12 | **100** |

Es zeigt sich, daß der Gehalt an wirklicher Stärke bei den kleinen Körnern kleiner ist[3]), daß dieses Minus bis 13,9 % ausmachen kann. Doch ist dieses aus dem geringeren Anteil des Kornes an Endosperm ohne weiteres zu schließen, da die Stärkekörner lediglich in dem mehlhaltigen Teile des Albumens vorkommen. Es können jedoch Fälle vorkommen, wo der Gehalt der kleinen und großen Körner fast gleich ist (0,7 % Differenz), oder sogar, wo die kleinen etwas mehr enthalten, wie bei Bestehorn's Roggen II. Qual. (um 0,6); dieses Plus an Stärke habe ich schon an einer anderen Stelle zu erklären versucht.

[1]) Mayer l. c. p. 126 und landw. Vers. St. Bd. 36 p. 17 und 21 bei der Gerste.

[2]) Bestehorn's Roggen und Kleie.

[3]) Vergl. diese Zahlen in der Trockensubstanz.

Einen besonderen Wert haben die Bestimmungen der wahren Stärke[1]) zur Beurteilung der Mahlergiebigkeit, da der Mehlgehalt des Kornes mit dem Stärkegehalte in innigster Beziehung steht. Man muß nun allerdings zugeben, daß die kleinen Körner, da sie weniger (um 6,6 %) an diesen wertvollen Stoffen ergaben, auch gewiß eine verhältnismäßig kleinere Mehlausbeute als die großen zeigen werden.

Im allgemeinen erscheinen meine Stärkezahlen im Verhältnis zu anderen Angaben[2]) viel zu niedrig; man darf aber einerseits nicht vergessen, daß meistens nur der Stärkewert angegeben wird. Als andere Ursache kann der zu niedrige Faktor (0,9) aufgefaßt werden, worauf Märker aufmerksam macht[3]); trotzdem er der Stärkeformel vollständig entspricht.

Aus diesen Resultaten können wir aber nicht mit absoluter Sicherheit den Gehalt an wahrem Stärkemehl beurteilen; das sahen wir am besten bei Bestehorn's Roggen II. Qual. Es erhellt daraus, wie wertvoll eine Stärkebestimmungsmethode nun wäre, bei welcher wir die Stärke direkt isolieren und als solche auch wägen könnten. Eine solche Methode habe ich auch angewandt, es ist die Kartoffelstärkebestimmungsmethode[4]) von Baumert und Bode, die aber bei anderen Stärkearten weniger geprüft wurde.

Das Prinzip dieses Verfahrens ist etwa folgendes[5]): Man löst die Stärke, wie oben, durch 3—4stündiges Dämpfen, kocht im Kolben noch einmal auf. Einem aliquoten Teile der abfiltrierten Stärkelösung wird eine bestimmte Menge der verdünnten Natronlauge, (die 100 g NaOH pro Liter enthält) zugesetzt, wodurch sich eine im Wasser sehr leicht lösliche Natronstärkeverbindung bildet, die aus ihrer wässerigen Lösung durch Alkohol bei bestimmter Konzentration der Mischung (80 %) quantitativ fällbar ist. Dieser Niederschlag von Natronstärke wird im Soxhlet'schen Filter gesammelt[6]), mit Äther gewaschen, getrocknet bis zum konstanten Gewicht (bei 120—130° C.), im Luftstrome die Stärke verbrannt und der Verlust an Gewicht ergibt direkt die Stärkemenge.

Es ist mir jedoch nicht erklärlich, daß ich mit dieser bei der Kartoffelstärke so vorzüglich bewährten Methode[7]), wie ich mich übrigens an der von mir dargestellten, reinen

---

[1]) Ob gerade diese Methode sich dazu eignet, ist nach dem unmittelbar vorhergehenden mehr oder weniger fraglich.

[2]) Z. B. König 62 % } Roggenstärke.
Marek 63 „ }

[3]) Er meint (Märker Handbuch l. c, p. 89): Man muß den Faktor 0,94 zur Berechnung der Ergebnisse der Stärkewertbestimmung in Anwendung bringen, da der Faktor 0,9 zweifellos zu niedrige Resultate gibt. — Wie aber dieser andere Faktor mit der Stärkeformel, im Verhältnis zu der Formel des Monosaccharides, in Einklang zu bringen ist, ist mir nicht erklärlich.

[4]) Zeitschrift für angew. Chemie 1900, Heft 43 und 44.

[5]) Nähere Beschreibung daselbst.

[6]) Zur Zerlegung des Stärkenatriums verwendet man ein Auswaschen des Röhrchens mit sehr verdünnter, alkoholischer Salzsäure.

[7]) Siehe darüber: Zeitschrift für angew. Chemie (1901 p. 461), wo namentlich nachgewiesen wurde, daß nur die reine Stärke ausfällt und kein anderes Kohlenhydrat, z. B. das auch im Alkohol unlösliche Dextrin, mitgefällt wird etc.

Kartoffelstärke selbst überzeugt habe, wenige einigermaßen übereinstimmende Parallelresultate bekommen konnte, trotz vieler Bestimmungen. Was daran schuld ist, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen; ich vermute aber, daß die Roggenstärke doch vielleicht etwas andere Eigenschaften besitzt, als die Kartoffelstärke, welche sich am besten von allen Stärkemehlarten zur Darstellung der wasserlöslichen Modifikation geeignet hat; oder es wird die Roggenstärke vielleicht beim Dämpfen zum Teil dextriniert, wie auch Jacquelin[1]) behauptet hat.

Die Resultate dieser Methode sind folgende:

Gehalt an Stärkemehl (direkte Methode).

| | Zeeländer Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | | Mehl | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trockensubstanz | In Proz. d. stickstfr. Extraktstoffe | Verh. Z. |
| I. Qual. | 56,47 | 65,38 | **80,66** | **102,5** | 44,25 | 51,46 | **63,82** | **108,0** | 50,36 | **105.5** | 59,89 | 69,50 | **77,77** | **105,5** |
| I. Qual. | 55,10 | 62,73 | **76,28** | **100** | 40,39 | 46,83 | **58.26** | **100** | 47,74 | **100** | 56,76 | 66,28 | **74,69** | **100** |

Hier kommt die Differenz der beiden Roggenqualitäten deutlicher zum Ausdruck als bei der anderen Methode; die kleinste Differenz ist (2,5 %) größer, dafür die größte (mit 8,0 gegen 13,9 % dort) kleiner, zu Gunsten des kleinen Kornes. — Im Vergleich zu der anderen Methode finden wir hier doch etwas niedrigere Zahlen, namentlich scheint der Gehalt des Mehles an Stärke hier doch etwas zu niedrig zu sein.

Alle leicht löslichen Kohlenhydrate haben trotz ihrer verschiedenen Zusammensetzung einen ziemlich gleichen Wert für die Ernährung; eine gleiche Wirksamkeit inbezug auf die Zufuhr der stickstofffreien Substanz, weil sie alle annähernd gleiche Mengen an oxydierbarem Material enthalten[2]). Dennoch ist aber unter ihnen ein gewisser Unterschied zu machen inbezug auf ihr Verhalten bei der Verdauung. Die Zuckerarten (Glukose) befinden sich schon in einer zur Assimilation geeigneten Form. Im Vergleich damit ist die Verdauung des Stärkemehles[3]) eine etwas langsamere, da es zuerst in Traubenzucker übergeführt werden muß, ebenso auch der Rohrzucker[4]). Es ist danach für ein Nahrungs- oder Futtermittel doch ein gewisser Vorzug, wenn es von seinen leicht löslichen Kohlenhydraten mehr in einer zuckerartigen diffusiblen Form besitzt, da es sich in dieser Beziehung günstiger verhalten wird, als ein anderes, das etwa reicher ist an wahrer Stärke. Und das gilt in vollem Maße von

[1]) Harz l. c. p. 428, doch scheint diese Behauptung nicht richtig zu sein, wie wieder Soxleth gezeigt hat (daselbst).

[2]) Jul. Kühn l. c. p. 64.

[3]) Daselbst.

[4]) Die Zuckerarten haben für die Ernährung nach Kellner (Märcker, Vorlesungen Prakt. Teil p. 12) schon deswegen einen größeren Wert, da bei der Zuckerfütterung keine Sumpfgasgährung stattfindet, von der Stärke dagegen etwa 15—20 %, von den Pentosanen bis 50 % in Bakteriengährungen übergehen können, durch welche sie selbstverständlich schlechter verwertet werden als durch die direkte Aufnahme.

den kleinen Roggenkörnern; wir werden ihnen diesen kleinen Vorzug vor den großen Körnern inbezug auf den Nährwert durchaus nicht absprechen dürfen, auch wenn es sich hinsichtlich der Mehlergiebigkeit nicht so günstig wie bei dem großen Korn verhalten sollte.

Die letzte Gruppe der Kohlenhydrate mit der wir uns beschäftigen wollen, ist die der Pentosane; man versteht unter diesen Stoffen Anhydride der Pentaglukosen. Es wäre am Platze gewesen, bei allen den eben besprochenen Trennungen der Kohlenhydrate auch auf diese Pentosane Rücksicht zu nehmen, da sie durch Invertierung die Fehling'sche Lösung ebenfalls reduzierende Pentosen liefern, die mit den Glukosen gefunden werden. Und dieser Umstand kommt deswegen in Betracht, weil ihre Löslichkeit außerordentlich wechselt, und zwar von derjenigen der Gummiarten, die im wässerigen Auszug vorkommen, bis zu der geringsten Löslichkeit der Pentosane, die auch bei der Rohfaserbehandlung ungelöst bleiben. Daß sich bei der Stärkebestimmung durch Druck auch ein Teil der Pentosane löst, hat ebenfalls König nachgewiesen.[1])

Ihr Gehalt ist aber notwendig zu berücksichtigen, da es Stoffe von zweifelhaftem Werte sind, bei denen noch nicht genau festgestellt wurde, wie sich ihr Nährwert zu demjenigen der Hexosen und Hexosane verhält. Es ist einleuchtend, daß sie eine andere Wirkung ausüben müssen, da ihr Gehalt an oxydierbarem Material (wie Stohmann und Langbein zeigten), beträchtlich kleiner ist als derjenige der Hexosen. Erbstein[2]) leugnet beim Menschen sogar jeglichen Wert des verdauten Anteils dieser Stoffe, andere[3]) finden dagegen, daß die Pentosane in einer gewissen Beziehung zur Glukosenbildung stehen ꝛc.

Die Bestimmung beruht auf der Eigenschaft dieser Kohlenhydratgruppe, durch Kochen mit verdünnten Säuren[4]) Furfurol zu liefern, das flüchtig ist, daher überdestilliert, und aus der salzsauren Lösung durch Phloroglucin als Furfurolphloroglucid fällbar[5]) ist. Doch liegt aber ein kleiner Übelstand in dieser Art der Pentosanbestimmung, und zwar der, daß auch andere Kohlenhydrate Oxydationsprodukte zu liefern scheinen, die mit der Salzsäure ebenfalls Furfurol geben. Denn man kann leicht annehmen, daß durch oxydierende Mittel ein Atom Kohlenstoff losgetrennt wird und dadurch Pentosan entsteht, also in einer ganz ähnlichen Weise, wie die Bildung der Pentosane in der Pflanze selbst stattfindet.

[1]) (Landw. V. St. l. c.) und zwar beim Druckverfahren 38,3 % und Diastaseverfahren 24,95 % der gesamten Pentosanmenge.

[2]) daselbst.

[3]) König, Untersuch. d. l. w. Stoff. p. 214.

[4]) Man muß dazu eine 12 % Salzsäure nehmen, da eine verdünnte Säure alle Pentosane nicht auflöst.

[5]) Die sonstige Ausführung genau nach der Vorschrift von Tollens (s. König l. c. p. 223). Auch das Sammeln des Phlorogluicides geschah anfangs auf einem gewöhnlichen, bis zum konstanten Gewichte getrockneten Filter, später nach Körber (Unters. über d. Pentosanbest., Journal für Landw. 1900. 48.) im durchlöcherten Tiegel (dem sogenannten Gooch'schen Tiegel) mit Asbest-Filter; bei dieser Methode fällt das umständliche Trocknen des Papierfilters weg, da man die Tiegel nur auszuglühen braucht.

Es sind dies keine direkten Assimilationsprodukte, sondern sie entstehen wahrscheinlich durch eine regressive Metamorphose aus den Hexosanen mit Hilfe eines Gummifermentes und kommen in den Pflanzen einerseits in den gummiartigen Ausscheidungen, andererseits in den verholzten Teilen[1]) vor. Ihre Bestimmung ergab folgende Zahlen[2]):

Gehalt an Pentosan.

| | Zeeländer Roggen | | | | Bestehorn's Roggen | | | | Kornhaus-Roggen | | | | Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trocken-substanz | In Proz. d. stickstfr. Extrakt-Stoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trocken-substanz | In Proz. d. stickstfr. Extrakt-Stoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Mittel der Trocken-substanz | In Proz. d. stickstfr. Extrakt-Stoffe | Verh. Z. | Mittel der lufttr. Subst. | Verh. Z. |
| I. Qual. | 8,19 | 9,49 | **11,71** | **100** | 7,93 | 9,21 | **11,44** | **100** | 10,52 | 12,177 | **15,18** | **112,9** | 8,88 | **100** |
| II. Qual. | 8,38 | 9,54 | **11,60** | **102,3** | 9,17 | 10,52 | **13,32** | **115,6** | 9,32 | 10,560 | **13,44** | **100** | 8,96 | **100,8** |

Auf den ersten Blick zeigt sich keine Gesetzmäßigkeit; diese kommt erst zum Vorschein, wenn wir das Verhältnis der Größe der Körner mit berücksichtigen werden:

| | Verhältnis der Größe der Körner | | | Verhältnis des Pentosangehaltes | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II. Qual. | | I. Qual. | II. Qual. | | I. Qual. |
| Bestehorns Roggen | **100** | : | **256** | **115,6** | : | **100** |
| Zeeländer Roggen | **100** | : | **200,5** | **102,3** | : | **100** |
| Kornhaus-Roggen | **100** | : | **162,0** | **100** | : | **112,9** |

Nun zeigt sich, daß bei den Körnern, die die größte Differenz in der Größe zeigen (Bestehorns Roggen), der Pentosangehalt höher als bei den kleinen Körnern ist; daß dagegen dort, wo die kleinste Differenz der Korngröße vorkommt, gerade das umgekehrte Verhältnis herrscht (Kornhaus-Roggen), und daß schließlich im dritten Falle, wo der Korngrößenunterschied etwa in der Mitte zwischen diesen beiden liegt, der Gehalt der beiden Qualitäten beinahe gleich ist. Es kommt nun zweierlei in Betracht. Der hauptsächliche Sitz der Pentosane beim Roggenkorn ist die Schale, wie ohne weiteres aus meinen Untersuchungen über den Pentosangehalt der Kleie (15,4—16,6 % Pentosan) und denjenigen des Mehls (2,9—3,3 %) ersichtlich ist. Wenn nun der kleinkörnigere Roggen einen größeren Schalenanteil hat, so müßte der Pentosangehalt bei ihm immer deutlich höher sein, wenn nicht etwas anderes in Betracht käme; und dies ist der Umstand, daß ein Pflanzenteil je älter er wird, desto stärker verholzt und daher mehr Pentosane enthält. Und das gilt ganz sicher auch von der Schale der großen Körner. Nun, bei der außerordentlich

[1]) Beim Getreidekorn nur das Pericarp.

[2]) Alle Resultate wurden auf Pentosan umgerechnet (König l. c. p. 225).

geringen Größe des Bestehorns Roggens II. Qualität ist die sehr junge Schale in großem Übergewicht im Vergleich zu dem viel kleineren Schalenanteil der I. Qualität und daher ist auch der Pentosangehalt der kleinen Körner ein höherer.

Beim Kornhausroggen ist bei den kleineren Körnern der relativ kleinere Pentosangehalt der Schale mit dem größeren Schalenanteile kombiniert, und ebenso bei den größeren Körnern der relativ höhere Pentosangehalt der Schale mit einem geringeren Schalenanteile; da aber der Unterschied im Schalenanteile kleiner ist, so überwiegt dennoch der höhere Pentosangehalt der größeren Körner. Und schließlich beim Zeeländer Roggen ist das Verhältnis der relativ größeren, aber pentosanärmeren Schalenteile des kleinen Kornes gerade im Gleichgewicht mit dem kleineren, dafür pentosanreicheren Schalenteile des großen Kornes.

Man kann demnach sagen: Der Gehalt an Pentosanen ist wechselnd; im allgemeinen besitzen die großen Roggenkörner weniger an diesen Stoffen, jedoch nur bis zu einem bestimmten Verhältnis in der Korngröße; über dieses hinaus ist die Differenz gerade umgekehrt.

Wir wollen nun die Resultate dieser Betrachtungen in folgenden Worten kurz zusammenfassen:

Wenn auch die kleinen Körner etwas ärmer an Reservekohlenhydraten sind[1]), so ist doch ihr Gehalt an leicht löslichen Kohlenhydraten[2]) nicht kleiner, nur ist von diesen letzteren Stoffen mehr als in großem Korne in einer wasserlöslichen Form vorhanden[3]). Auch kann man den kleinen Körnern nicht vorwerfen, daß sie mehr Pentosane enthalten müßten, kurz inbezug auf den Nährwert der Kohlenhydrate sind sie mit den großen Körnern annähernd gleichwertig.

[1]) Stärke (hauptsächlich).

[2]) Stärkewert und Dextrosenwert.

[3]) Gesamtmenge der wasserlöslichen Kohlenhydrate.

---

Die vorliegende Arbeit erscheint vollständig in dem 17. Hefte der von Exzellenz Professor Dr. Julius Kühn herausgegebenen Berichte aus dem physiologischen Laboratorium und der Versuchsanstalt des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle, Richard Carl Schmidt & Co. (G. Schönfeld's Verlag), Leipzig 1904.

# Lebenslauf.

Geboren am 30. September 1880 zu Nimburg in Böhmen, evangelischer Konfession, studierte ich an der Oberrealschule in Prag (Gerstengasse), wo ich das Maturitätszeugnis erlangt habe. — Nach einjähriger, landwirtschaftlicher Praxis auf der fürstlich Trautmannsdorffischen Domäne Kumbuck bei Jičín begab ich mich im Oktober 1899 nach Halle a/S., und hier widmete ich mich 8 Semester hindurch landwirtschaftlichen Studien. Während dieser Zeit hörte ich die Vorlesungen folgender Herren Professoren und Dozenten: Baumert, Disselhorst, Dorn, Fischer, v. Fritsch, Holdefleiß, Klebs, Kühn, Märcker, Riehl, Volhard, Vorländer und Vaihinger.

Jetzt diene ich als Einjährig-Freiwilliger im K. und K. Korps-Artillerie-Regiment Nr. 8 in Prag.

Hofbuchdruckerei Otto Henning (Inh. Dr. G. Henning), Greiz.